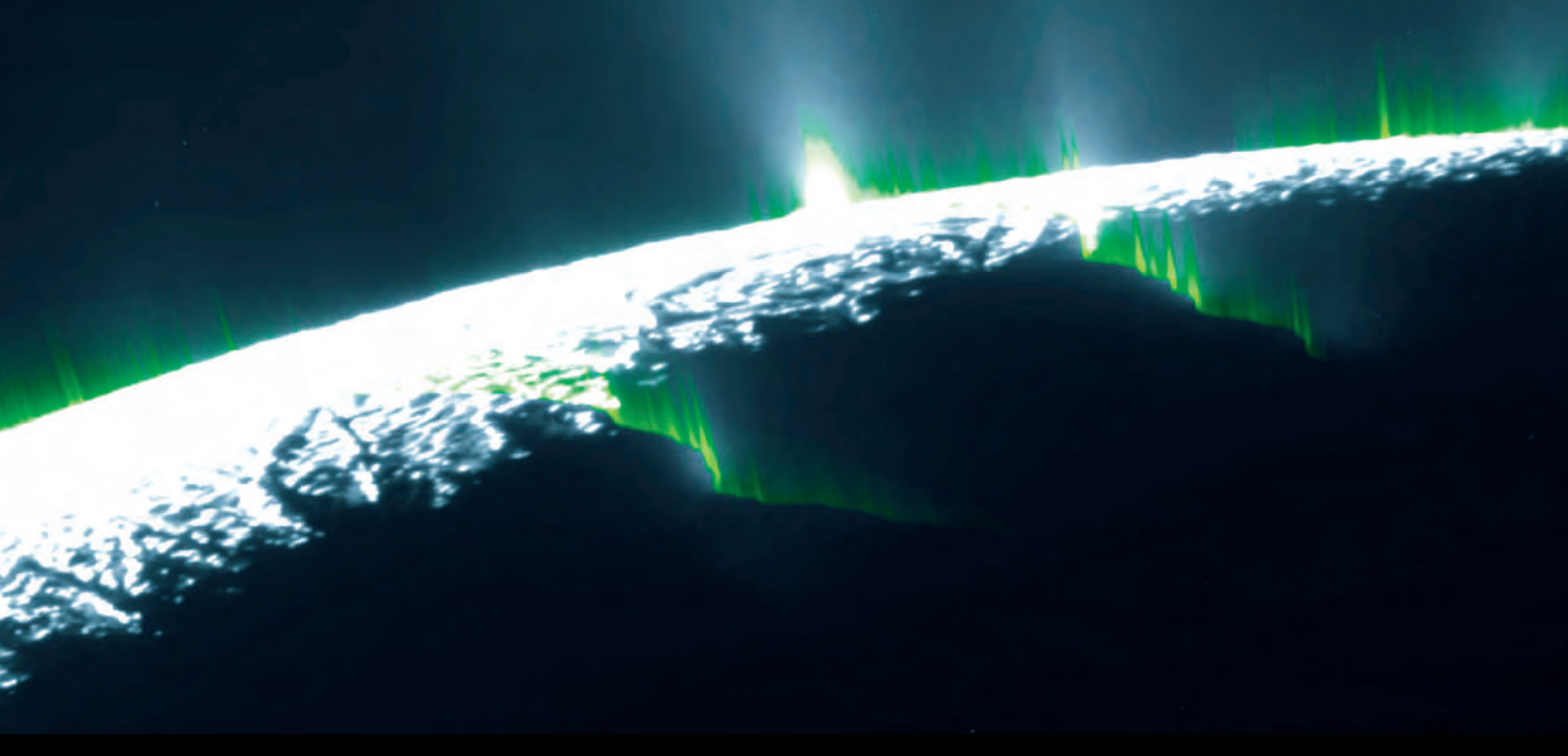
nature

الطبعة العربية

الدورية الشهرية العالمية للعلوم

ستائر للنفثات

انبعاثات إنسيلادوس (قمر كوكب زحل) تُفَسِّر كثْوْرات شبيهة بالستائر، ونفثات «وَهْمِيّة» **صفحة 84**



كيمياء

درجات الانفصال

.. بحثًا عن طرق فعّالة لاستخلاص العناصر الأرضية النادرة

صفحة 40

ضد الانقراض

استعادة الماموث

هل يمكننا حقًّا استعادة الأنواع المنقرضة؟

صفحتا 21، و55

علوم المواد

أشباه موصِّلات

تَمَدُّد المساحة السطحية لطبقات أشباه موصِّلات رقيقة السُّمْك

صفحة 65

ARABICEDITION.NATURE.COM

يونيو 2015 / السنة الثالثة / العدد 33

ISSN 977-2314-55003

nature

يونيو 2015 / السنــة الثالثة / العـدد 33

NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

http://arabicedition.nature.com

للاتصال بنا:

للتواصل مع المحررين: naturearabic@nature.com

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

رسالة رئيس التحرير

إضاءات على طريق الباحثين

في هذا العدد الثالث والثلاثين، الذي بين أيديكم، ويضم مختارات من 5 أعداد (من 9 إبريل إلى 7 مايو 2015)، نقدم بعضًا من الإضاءات التي تهم الباحثين، سواء في إطار ضبط معايير جودة الأبحاث العلمية، أم في إطار التعريف بمجالات عمل مختلفة.

ففي قسم "تعليقات"، نجد تقريرًا قدَّمه كل من ديانا هيكس، وبول ووترز، بعنوان "دليل "لايدن" لمؤشرات تقييم البحوث العلمية"، جاء فيه: نعرض هنا لـ"دليل لايدن" Leiden Manifesto، الذي اشتق اسمه من المؤتمر الذي أقرّه (انظر: .http://sti2014 cwts.nl)، فالمبادئ العشرة للدليل ليست بالخبر الجديد للمتخصصين في مؤشرات العلوم، ورغم أن أيًّا منا لن يستطيع تطبيقها جميعًا، بسبب نقص (الأكواد) حتى الآن، إلّا أن هذا الجهد لا يؤخذ به عندما يعدّ مسؤولو التقييم والتحكيم التقارير لمسؤولي ومديري الجامعات غير المتخصصين في طُرُق التقييم. ويجد العلماء الذين يبحثون عن المطبوعات ـ من أجل إعداد تقييم أو تحكيم ـ المواد مبعثرة في دوريات مجهولة بالنسبة لهم، يفتقرون إلى سبل الوصول إليها. ومن ثم، فـ"إننا نقدم هنا هذا التأصيل لأفضل الممارسات في تقييم الأبحاث المعتمِدة على المؤشرات العلمية؛ ليتمكن الباحثون من محاسبة مسؤولي التقييم، ويستطيع مسؤولو التقييم الثقة في صحة ودقة مؤشراتهم".

في القسم نفسه يقدِّم جيفري تي. ليك، وروجر دي. بينج تحليلًا قصيرًا، بعنوان "القيمة الاحتمالية.. قمة الجبل الجليدي فحسب"، جاء فيه: "تُعَدّ قيم *P* هدفًا سهلًا، حيث إنها واسعة الانتشار، ولذلك يُساء استغلالها كثيرًا، ولكن من الناحية العملية.. فإن نزع القيود عن الأهمية الإحصائية يفتح الباب أمام سبل أكثر للتلاعب بالإحصاءات ـ عن عمْد، أو بغير عمد ـ للحصول على نتيجة ما. ويكمن الغرض من استبدال قيم *P* بمعاملات "بايز" Bayes، أو معاملات إحصائية أخرى، في المفاضلة بين النتائج الإيجابية الحقيقية، والنتائج الإيجابية الزائفة. ولهذا.. فالجدل الدائر بشأن قيمة *P* أشبه بالتركيز على خطأ إملائي وحيد، بدلًا من التركيز على المنطق الخاطئ للجملة كلها".

أما في قسم (مِهَن علمية)، فقد قدمت مونيا بيكر تحقيقًا، بعنوان "فتنة الصناعة"، تناولت فيه ظاهرة انتهاء المطاف بحاملي الدكتوراة من أصحاب المهارات الكَمِّيَّة حاليًّا إلى وظائف بشركات التكنولوجيا، حيث "إن الميزة الكبرى لهؤلاء الأشخاص تتمثل في دقة التفكير، التي يتمتعون بها. فالتدريب الذي يتلقونه أثناء إعداد الدكتوراة يعني تعلُّم صياغة الأسئلة، واختبار الفروض، وتقييم ما إذا كان يمكن الوثوق في حلٍّ ما، أم لا. وعند التطرق إلى وضع نماذج للبيانات، فإن تلك الصفات تجعل من حملة الدكتوراة أكثر تشككًا من معظم الناس.

وفي القسم نفسه تقدِّم إنجريد أيزنشتاتر قواعد التواصل مع المؤسسات المانحة، وتشير إلى أنه "ربما يحتاج الباحث الذي يحصل على منحة لمدة عام إلى تقديم تقرير عن سير العمل بعد ستة أشهر، وتقرير ختامي عند إتمام المشروع البحثي. ويمكن أن يكون التقرير المؤقت أكثر قليلًا من مجرد تحديث لسير العمل، في حين أن التقرير الختامي لا بد أن يكون شاملًا ومفصلًا. وربما تتطلب المِنَح التي تستغرق أعوامًا كثيرة تقديم تقرير واحد عند إتمام البحث، أو عدة تقارير سنوية متعاقبة. وتختلف المتطلبات والشروط باختلاف المؤسسة، فإذا تغيَّر بروتوكول البحث، أو اتضح أن العمل يتطلب مزيدًا من الوقت؛ ينبغي على الباحث طلب الموافقة من الجهة المقدِّمة للمنحة، بمجرد حدوث تلك الظروف الجديدة".

أما برين نيلسون، فيقدم تحقيقًا آخر في قسم (مِهَن علمية) أيضًا، يتناول الجهود العلمية المبذولة في صناعة اللقاحات، ويؤكد فيه "عدم احتياج العلماء الذين يستهلّون حياتهم المهنية ـ وعيونهم تنظر في اتجاه عِلْم اللقاحات ـ إلى الحصول على درجة الدكتوراة بالضرورة. ونظرًا إلى أن المجال موجَّه نحو ترجمة البحوث النظرية إلى ممارسات عملية (انظر: "حملات التطعيم يجب أن تزرع الثقة أولًا")، يُقدِّر الكثير من أصحاب العمل الخبرة المعملية التطبيقية، التي تضم إلى جانبها العقلية ذات النزعة الإنسانية، وتجدهم على استعداد لتوفير فرص للتدريب أثناء العمل للمرشَّحين الواعدين للوظائف".

هذه الموضوعات وغيرها تؤكد أن الأرض تتحرك تحت أقدام الباحثين، سواء من حيث إعادة النظر في أسس تقييم البحوث العلمية، أم من حيث الحركة داخل أسواق العمل المختلفة، التي لا تتوقف عن التغير.

رئيس التحرير
مجدى سعيد

المحتويات

يونيو 2015 / السنة الثالثة / العدد 33

هــذا الـشــهــر

مهن علمية

لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع: arabicedition.nature.com/jobs

أخبـــار فى دائرة الضــوء



تحقيقات



تعليقات

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات

يونيو 2015 / السنة الثالثة / العدد 33

أبحـــاث

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هـــذا الشهـــر

افتتاحيات

رؤية عالمية يجب أن يجهر العلماء بالحديث عن سَحْب استثمارات الوقود الأحفوري ص. 10

علوم الروبوت يمكن لجناح مستوحَى من أجنحة الطيور والخفافيش التغلب على الاصطدام بعقبات ص. 13

عِلْم البيئة فراشات الصقر تفضِّل الزهور التي على شكل البوق عن تلك التي تشبه قرصًا مسطحًا ص. 15

المزيـــد مـــن "قانـــون مـــور"

يقترب قانون مور في هذه الآونة من الحدود النهائية للفيزياء، ولذا.. نحتاج إلى فيزياء جديدة لتوسيع نطاق القانون.

شهد تاريخ 19 إبريل النبوءة الشهيرة للعالِم هيل جوردون مور بأنّ نهايات القرن العشرين ستشهد طفرة هائلة في القدرة الحاسوبية، وستدشِّن انطلاقة عصر التكنولوجيا.

تؤثر الإلكترونيات وتكنولوجيا المعلومات حاليًّا على كل مناحي الحياة تقريبًا. فمنذ اختراع الدوائر المتكاملة في عام 1958، استطاعت الثورة التكنولوجية المستمرة أن تصل بنجاح إلى حالة من التجاوب الكامل مع الصناعات التكنولوجية، فيما صار يُعرف بـ"قانون مور".

لاحظ مور في عام 1965 ـ وهو الكيميائي الذي أصبح مهندس إلكترونيات فيما بعد ـ أنه في السنوات التي تَلَت تصميم أول دوائر متكاملة، تمكَّن المهندسون من مضاعفة أعداد المكونات ـ كالترانزستورات ـ على الشريحة الواحدة كل عام. كما تنبَّأ أيضًا بأن معدَّل تصغير حجم المكونات سوف يستمر على مدى عقد كامل على الأقل، ثم عَدَل عن تنبُّؤه؛ محوِّلًا معدل تصغير المكونات إلى الضعف كل عامين.

هذا.. ولم تتقهقر صناعة أشباه الموصلات يومًا إلى الوراء، مما أدَّى إلى استمرار تصغير حجم الترانزستورات، وإنتاج شرائح كمبيوتر تجمع بين جودة الأداء والوظيفة. وعلى مدار العقود القليلة الأولى، تماشت صناعة أشباه الموصلات مع "قانون مور"، من خلال الإنجازات التي حققتها العبقريات الهندسية، والخطوات الواسعة التي قطعتها عمليات التصنيع. ورغم هذا.. ينبغي ألا نغفل دور العلوم الأساسية المحوري، لا سيما في ظل الجهود التي يبذلها الباحثون اليوم؛ للتوصل إلى أساليب تساعد على المحافظة على معدلات التقدم.

تُعَدّ التطورات التي شهدتها نظرية نطاقات الطاقة في أشباه الموصلات هي الأساس الذي استند إليه اختراع الترانزستور في "مختبرات بل" ـ بمدينة موراي هيل، نيوجيرسي ـ في أربعينات القرن الماضي. كما لعبت الإنجازات العلمية الهائلة دورًا محوريًّا فيما تلا ذلك من تقدم تكنولوجي في أشباه الموصِّلات. ومن الأمثلة الجديرة بالذكر، أن عالِم الفيزياء الروسي نيكولاي باسوف ومعاونيه نجحوا في عام 1970 في تطوير ليزرات الاستثارة، التي استُخدمت بعد ذلك في حفر نماذج الدوائر الصغيرة على رقائق السيليكون، التي تُصنع منها الشرائح.

ثم جاءت تسعينات القرن الماضي، وفي طياتها دعوة حثيثة إلى مزيد من الابتكار. حتى ذلك الحين، شهدت الترانزستورات ـ في ظل تصغير أحجامها المستمر ـ طفرة واضحة في سرعة وكفاءة استهلاك الطاقة، ولكنْ مع تصغير حجم المكونات إلى حوالي 100 نانومتر فقط، بدأت تظهر آثار سلبية لتصغير الحجم؛ مما اضطر الشركات المنتجة للشرائح ـ مثل شركة "إنتل" Intel، التي شارك مور في تأسيسها، وشركة "آي بي إم" IBM ـ إلى اللجوء إلى العلوم الأساسية؛ للارتقاء بأداء مواد الترانزستور. وجاء الدعم الأكبر من علماء فيزياء المواد المكثفة، الذين عرفوا ـ على مدى عقود سابقة ـ أن قدرة السيليكون على توصيل الكهرباء تزداد بصورة جوهرية مع تمدُّد شبكته البلورية. وعلى سبيل المثال.. عن طريق وضْعه على بلورة أخرى؛ تتباعد ذرّاتها بمسافات مختلفة. وبحلول العقد الأول من الألفية الثالثة، طوَّر مهندسو الإلكترونيات السيليكون المجهد على شكل شرائح، ليظل "قانون مور" صحيحًا وساريًا لعدة سنوات أخرى.

والآن، تمتلك المعالِجات الدقيقة المتطورة ترانزستورات، يبلغ عرضها 14 نانومترًا فقط، ليقترب "قانون مور" أخيرًا من الحدود الفيزيائية القصوى، لكن مشكلة الحرارة المهدرة على وجه التحديد أصبحت مثارًا للقلق على "قانون مور"، إذ تسببت المشكلة في تعطيل إحدى صيغ القانون، وهي الصيغة الخاصة بالتسارع الأسي للكمبيوتر "سرعة الساعة". كما أن الشرائح كثيرة الاستهلاك للطاقة تحدّ من قدرة الهواتف النقالة على البقاء مشحونةً لأكثر من ساعات قليلة.

من ناحية أخرى، ساعد ظهور المواد المتقدمة ـ مثل أكسيد الهافنيوم ـ التي توفر عَزْلًا ـ حتى في حالة رقة طبقاتها الذَّرِّيّة ـ على الحفاظ على الشرائح أكثر برودة. ولا يزال بإمكان الجهود الجبارة المبذولة في هذا الإطار أن تتمخض عن جيل أو اثنين من الترانزستورات الأصغر حجمًا، التي قد يصغر حجمها، حتى يصل إلى 5 نانومترات، إلا أن تطوير الأداء في هذه الحالة سيتطلب حتمًا فيزياء جديدة بقوانين جديدة.

ويبقى السؤال: إلى أين نتجه؟ هل نحو الترانزستورات التي تَستخدِم أنفاق ميكانيكا الكَمّ؟ أم صوب الترانزستورات التي تنقل فيها التيارات اللف المغزلي الكَمِّي، بدلًا من الشحنة الكهربائية؟ تُجْرِي حاليًّا معامِل عديد في جميع أنحاء العالم التجارب، باستخدام أساليب ومواد يمكنها تخفيض استهلاك الطاقة بشكل مؤثر. ويمثل الثبات الطبيعي في الخواص المشتركة الطوبولوجية للذَّرّات إحدى الوسائل التي يمكن استغلالها في تخفيض استهلاك الطاقة، فيما يُعَدّ لمسة عصرية على ممارسة قديمة تتعلق بترميز المعلومات، عن طريق ربط العقد. ويقوم بعض الباحثين في الوقت الراهن بتجريب هياكل دوائر محاكاة الدماغ "النيرومورفية"، المستوحاة من لدونة الشبكات العصبية بالمخ البشري.

ليس بالضرورة أن المبدأ الذي يعمل جيدًا داخل جدران معامل الفيزياء سيحقق نجاحًا عند تصديره إلى السوق بغزارة كمنتَج. ومن المؤكد أن غالبية المحاولات المبذولة اليوم سوف تذهب أدراج الرياح، لكن لا بد أن يثق المجتمع في أن العلوم الأساسية سوف تقدِّم ـ بشكل ما، أو بآخر ـ الوسيلة المناسبة للحفاظ على سير التقدم والتطور. أمّا مور، فيجب أن يفتخر بأننا لم نعثر حتى الآن على الاستثناء الذي يثبت قانونه. ■

بوادر التغيير

يواجه الاتحاد الأوروبي معركة جديدة بشأن الجيل القادم من تقنيات تربية النباتات.

تطرح شركة "سيبس" Cibus الأمريكية لتربية النباتات أول محاصيلها، التي أُنتِجت باستخدام تكنولوجيا التحرير الجيني، ذات الدقة المبتكرة: "الحبوب الزيتية المقاومة لمبيدات الأعشاب".

وقد اتُّخذ قرار بزراعة هذا المحصول في الولايات المتحدة الأمريكية في فصل الربيع من هذا العام، إضافة إلى حصول الشركة فعليًّا على ترخيص لزراعته في كندا. تعمل هذه التكنولوجيا على تغيير بضع نيوكليوتايدات في الحمض النووي للنبات. ويشير موقع الشركة على الإنترنت إلى أن النباتات الناتجة عن هذه العملية لا يمكن وصمها بالمعدَّلة وراثيًّا؛ لعدم دمج مواد جينية غريبة على الإطلاق؛ مما سيجعلها تحظى ـ حسبما تعلِن الشركة بقدر كبير من التفاؤل ـ "بقبول عالمي".

وتأمل الشركة في أن تحظى هذه النباتات ـ التي تحمل صفات تحسِّن من قيمتها الغذائية ـ برَوَاج في دول الاتحاد الأوروبي، حيث تعارِض بشدة دولٌ عديدة من الاتحاد الأوروبي المحاصيلَ المعدَّلة وراثيًّا، التي يتم إنتاجها عن طريق نقل جينات غريبة محددة.

هذا الأمل له ما يبرره، فضلًا عن أنه في محله. ففي فبراير الماضي، أخبرت السلطات الألمانية ـ المعروفة بمعارضتها الشديدة للنباتات المعدَّلة وراثيًّا ـ شركة "سيبس" بعدم اعتبار المنتجات المصنَّعة عن طريق التحرير الجيني معدَّلة وراثيًّا، وإدراجها ضمن منتجات التربية النباتية التقليدية، لكنْ مع ظهور جبهات جديدة في المعركة، لن يكون توسيع قاعدة الموافقة والقبول ـ على الأرجح ـ بهذه البساطة.

> **«تسعى المفوضية الأوروبية من جديد إلى كسب الوقت».**

تتجه حاليًّا المعركة الأولى من أجل المحاصيل المعدلة وراثيًّا في أوروبا صوبَ نهاية غير مُرْضِية، حيث تفرض تشريعات الاتحاد الأوروبي منذ عام 2001 قيام الهيئة الأوروبية لسلامة الغذاء (EFSA) بإجراء تقييم علمي لمخاطر أي سلالة معدلة وراثيًّا، مطلوب الترخيص لها. بعد ذلك.. يتعين قيام الدول الأعضاء بالتصويت على إجازة هذه السلالة، لإلزامها جميعًا بالسماح بزراعة هذا المحصول، في حال الموافقة عليه، إلا أن التصويت لم يسفر في الغالب عن مَنْح الأغلبية المطلوبة لصالح ـ أو ضد ـ السلالات النباتية التي حصلت على الضوء الأخضر من الهيئة الأوروبية لسلامة الغذاء، ومن ثم، لم تجرؤ المفوضية الأوروبية على ممارسة حقها في فرض قرارات إيجابية، في حال الوصول إلى طريق مسدود. لذا.. اقترحت

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المفوضية ـ بدلًا من ذلك ـ قواعد جديدة، بدأ تفعيلها في أول إبريل الماضي، تسمح للدول الأعضاء بالاتحاد الأوروبي بعدم التقيد بهذا المطلب للسماح بالزراعة على أسس غير علمية.

رغم ما تتمتع به هذه السياسة من ذكاء، إلا أن هذه القاعدة لا تكفي لكسر حالة الجمود في إصدار التراخيص؛ لأنه لا يزال يتعين على كافة الدول المشاركة في التصويت الوصول إلى أغلبية مؤهلة؛ ولذا.. فإن المفوضية اقترحت مزيدًا من التشريعات في أوائل مايو الماضي؛ للسماح للدول الأعضاء بالانسحاب من عملية منح التراخيص أيضًا، أملا في أن يساعد ذلك على عودة المنظومة إلى العمل من جديد، ومنْح الدول المؤيدة للتعديل الوراثي ـ مثل إسبانيا ـ قاعدة أوسع من المحاصيل المعدلة وراثيًّا؛ للاختيار من بينها.

في هذه الأثناء، اتخذت البحوث العلمية خطوة إلى الأمام.. فالنباتات التي لا تحتوي على جينات دخيلة يمكن تخليقها الآن عبر وسائل وتقنيات متنوعة، تعمل على تعديل أو تغيير نظام الجين الأصلي بدقة متناهية. هذه النباتات يجب أن تبعث برسالة طمأنة إلى جماعات الضغط المناهِضة للتعديل الوراثي، التي تنتقد الحق الأخلاقي للعلماء في القيام بما يخدم مصلحة البشر، إلا أن جماعات المحافَظة على البيئة ـ مثل جماعة السلام الأخضر ـ لا تزال غير مقتنعة بهذا الطرح. ففي يناير الماضي، قامت جماعات عديدة منها بتوجيه خطاب مفتوح للمفوضية، تشدِّد فيه على ضرورة خضوع الوسائل الجديدة، التي تغيِّر في تركيب الحمض النووي، أو تتدخل في النظام الجيني ـ بشكل أو بآخر ـ للوائح الاتحاد الأوروبي الصارمة بشأن التعديل الوراثي. وتؤكد هذه الجماعات ضرورة الاستمرار في تطبيق المبادئ الاحترازية، ورفع مستوى السلامة، لا سيما في ظل تطور إمكانات الوسائل التكنولوجية.

تسعى المفوضية مرة أخرى إلى كسب مزيد من الوقت. ففي عام 2007، قامت المفوضية بتعيين فريق من الخبراء؛ لاستشارته بشأن أدوات التربية النباتية المتزايدة. وفي عام 2012، تقدَّم الفريق بتقرير لم يتم نشره. والآن، تؤكد المفوضية على أنها شرعت في إجراء "تحليل قانوني شامل" ـ ورد في منظومتها التشريعية ـ لتعريف الكائنات الحية المعدَّلة وراثيًّا، ولوضع معايير استبعاد وسائل تكنولوجية بعينها. وتحذِّر المفوضية من أن نتائج التحليل قد تكون "غير متوقعة".

من جانبهم، يَعتبِر أغلب علماء النبات الأدوات الجديدة تطورًا مساعدًا للممارسات التقليدية في تربية النباتات، ويؤكدون عدم إمكانية التمييز ـ في كثير من الحالات ـ بين المنتَج النباتي من جانب، والنباتات الأصلية من جانب آخر، بل وتفوُّق الأول بصورة جوهرية من حيث الأمان على النباتات المعدلة وراثيًّا. كما أكد المجلس الاستشاري الأوروبي للأكاديميات العلمية قبل عامين على أن الوقت قد حان، ليتخلَّى المنظمون عن موقفهم الجامد من التكنولوجيا النباتية، وليقوموا ـ بدلًا من ذلك ـ بتقييم المخاطر لكل منتَج نباتي على حدة. وفي فبراير الماضي، قامت منظمة العلوم النباتية في أوروبا (هيئة مستقلة تمثل أكثر من 220 مؤسسة بحثية وجامعة من 28 دولة أوروبية، إضافة إلى أستراليا، واليابان، ونيوزيلندا) بتكرار هذه الرسالة.

كما قامت أكاديمية ليوبولدينا (الأكاديمية الوطنية للعلوم في ألمانيا) ـ في نهاية شهر مارس الماضي ـ بنشر ورقة تتبنَّى الموقف نفسه؛ بغرض التأثير على الحكومة الألمانية، لا سيما في ظل قيام الدولة بإعادة النظر في منظومتها التشريعية، فيما يتعلق باللوائح المنظِّمة للتعديل الوراثي. وتلوذ الآن كل من ألمانيا والمفوضية الأوروبية بحالة من الترقب والانتظار. ففي خطاب إلى شركة "سيبس"، أشارت السلطات الألمانية إلى أن البيانات الصادرة عنها، التي تؤكد استعدادها لاعتبار المنتجات المحرَّرة جينيًّا غير معدَّلة وراثيًّا، ستكون غير ذات جدوى، إذا قررت المفوضية الأوروبية عكس ذلك.

هذا.. وبينما تتراجع المعركة الأوروبية الأولى من أجل التعديل الوراثي في اتجاه هدنة مضطربة، تلوح في الأفق ـ بقوة ـ بوادر معركة أخرى، ربما تكون أكثر أهمية. ■

الأمــوال الملوَّثــــة

حملة وقْف الاستثمار في مجال الوقود الأحفوري تثير الكثير من التساؤلات، ولا تطرح إلا القليل من الحلول.

اكتسبت الحملة العالمية التي أُطلقت لإقناع المؤسسات الكبرى ببيع أسهم في شركات الوقود الأحفوري مزيدًا من الزخم، حيث تنادي الحركة الداعية لوقف الاستثمار في هذا المجال بأنه لا يجوز للجامعات وغيرها من المؤسسات دعم الشركات التي تبيع المنتجات المسؤولة عن إنتاج الغازات الدفيئة، حتى لو كان هذا الدعم دعمًا ضمنيًّا. هذه الدعوة لها بُعد أخلاقي، ومن شأنها أن تؤثر تأثيرًا خاصًّا على الجامعات التي ساعدت على توضيح مخاطر الانبعاثات، ولكنها لم تنجح في تكوين استراتيجية جادة للتعامل مع مشكلة التغير المناخي.

إنّ هذه المسائل معقدة، حسبما اتضح من القرارات الأخيرة المتعارضة، التي أصدرتها ثلاث جامعات تناولت هذه القضية، حيث أعلنت كلية الدراسات الشرقية والأفريقية بجامعة لندن في 24 إبريل الماضي أنها على استعداد للتخلي عن كافة استثماراتها في مجال الوقود الأحفوري على مدار السنوات الثلاث القادمة، وبعد ذلك بستة أيام اتخذ المجلس الأعلى لجامعة نيويورك قرارًا يطالب الجامعة فيه بالحفاظ على استثماراتها في حوالي 200 شركة تتعامل في الوقود الأحفوري، مع تطوير استراتيجية استثمار صديقة للبيئة أكثر من ذلك في المستقبل. لقد هدف القرار إلى منع المزيد من الاستثمارات في الوقود الأحفوري، ولكنه ذكر أن التخلي عن الاستثمارات الحالية سيقلل من عوائد الوقف الخاص بالجامعة، التي تُقدَّر بمبلغ 3.4 مليار دولار. كما أعلنت كلية سوارثمور في بنسلفانيا في 2 مايو الماضي أنها على استعداد لتكوين صندوق بديل، خالٍ من الاستثمارات في الوقود الأحفوري، بدلًا من أن تتخلى عن استثماراتها في الوقف الحالي.

يَذكر تقرير إحدى لجان المجلس الأعلى لجامعة نيويورك أن هناك استثمارات بقيمة 139.7 مليون دولار أمريكي في شركات الوقود الأحفوري المعنيّة، وعددها 200 شركة، مما يمثل 4.1% من حُكْم الوقف الخاص بالجامعة، ولا يقع إلا 700,000 دولار فقط منها تحت التصرف المباشر لمديري صندوق الجامعة. أما الباقي، فيُستثمر من خلال سماسرة خارجيين يشترون عددًا من الأسهم في صناديق الاستثمار بمحفظة كبيرة من الأصول، وكنتيجة لذلك.. فإن التخلي عن استثمار بقيمة 139 مليون دولار يعني بيع أسهم بقيمة 1.3 مليار دولار بثمن بخس، وإعادة استثمارها. وعلى الرغم من إمكانية فعل ذلك، إلا أن اللجنة أوصت بالإجماع باحتفاظ المجلس الأعلى للجامعة بهذه الاستثمارات.

لا تختلف جامعة نيويورك عن غيرها في ذلك، فأيّ شخص لديه حساب تقاعد، أو بحوزته أسهم في صندوق استثماري؛ سيجد نفسه في الموقف ذاته. وحتى مَن لا يمتلكون هذه الأشياء، سيجدون أن الوقود الأحفوري له دور في كل مناحي حياتهم اليومية تقريبًا، بدءًا من الكهرباء التي يستخدمونها، حتى الطعام الذي يتناولونه، ومرورًا بالمنازل التي يسكنونها، ووسائل المواصلات التي يستقلونها للوصول إلى العمل، بما في ذلك الدراجات، والمواصلات العامة. ومن ثم، فوقف الاستثمار مسألة معقدة، ولذلك.. فإن تجنُّب المنافع التي يقدمها الوقود الأحفوري لمواطني الدول المتقدمة ليس إلا ضربًا من المستحيل.

حتى الآن، اتخذت 28 جامعة على الأقل موقفًا مناهِضًا للوقود الأحفوري، لكن المنافع التي يمكن أن يأتي بها وقف الاستثمار المؤسسي ليست واضحة، فالجامعات التي تبيع أسهمها في شركات الوقود الأحفوري تحتاج إلى المشترين، ومن ثم فأقصى ما يمكنهم السعي لتحقيقه هو خفض أسعار الأسهم قليلًا، لكن العالَم لا يزال يدور ويعمل بالوقود الأحفوري. ولحين ظهور خيار أفضل، سيستمر نموذج العمل الحالي بالطبع. وإضافة إلى ذلك.. أين يمكن للجامعات وضع الأموال التي سيحرِّرونها عن طريق وقف استثمارات الوقود الأحفوري؟ على الرغم من أن هناك دائمًا ترحيبًا بمزيد من الاستثمارات، إلا أن الوضع ليس واضحًا على الإطلاق ما إذا كان قطاع الطاقة النظيفة الصغير نسبيًّا سيستوعب مثل هذا القدر من الضخ النقدي الذي نحن بصدده في هذا الحديث، أم لا.

في النهاية، دعُونا نعترف بأنّ حتى أعتى المناصرين لوقف الاستثمار في الوقود الأحفوري يقرُّون بأن الهدف الأساسي من هذه الحملة هو النهوض بالوعي بالأزمة، فهذه الحركة تكونت بسبب بطء الحكومات في التعامل مع الأزمة. إنّ الشعور بالإحباط مفهوم بالطبع، لكن السؤال الذي يفرض نفسه هو: كيف يمكننا التحكم في هذه الطاقة الغاضبة، دون السعي وراء مزيد من الاستقطاب في الجدل الدائر. والمشكلة التي نحن بصددها مشكلة مشتركة، والتشهير بصناعات الوقود الأحفوري ليس إلا لإزاحة اللوم، وصَبّه عليها.

التحدي الحقيقي هنا هو دعم العلم، وتنفيذ سياسات عامة فعّالة، من شأنها توجيه كافة الاستثمارات في الاتجاه الصحيح. وعلى شركات الوقود الأحفوري لعب دورها في هذه المرحلة. أمّا تلك الشركات التي ستعرض عن لعب هذا الدور، فستسلم في النهاية إلى جيل جديد من شركات الطاقة، وسيحتاج كافة المستثمرين إلى بحث هذا التحول الذي سيأتي بدوره بمخاطر وفرص كبيرة في الوقت نفسه. وعلى أي حال، فالدور الأساسي للجامعات ـ بصرف النظر عن شكل اختيارها لاستثمار الأوقاف الخاصة بها ـ هو أن تُجْرِي الأبحاث، وأن تعلن عن سياسة عامة، وأن تنشر الوعي بين قادة المستقبل. ■

المزيد عن وحيد القرن الأسطوري

هيكل متميز لديناصور صغير مكتشَف حديثًا .

ما رأيك في الخروج سعيًا لصيد حيوانات وحيد القرن الأسطورية unicorns؟ ولمزيد من التحديد، فلنفترض أنك عثرت على وحيد القرن الأسطوري، ماذا ستفعل؟ كيف ستتمكن من التحقق مما إذا كان فعلًا هو وحيد القرن، وليس كائنًا آخر؟ كيف سيساعدك قرنه ـ على سبيل المثال ـ في تعريفه؟ أليس من المحتمل وجود كائنات أخرى، لا تتخيلها على الإطلاق، لديها قرن

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

واحد مثل وحيد القرن، ولكنها تختلف عنه في وجوه كثيرة غير معتادة؟ فعلى سبيل المثال.. كركدن البحر موجود فعليًّا، ولديه قرن واحد، ولكن هذا القرن هو الصفة الوحيدة التي تجمع بينه وبين وحيد القرن. فما الذي يخبئه لنا العالَم، ولم نعرفه بعد؟ وكما تعرفون، وكما يقول جورجي لويس بورجيس في مقاله "كافكا وأسلافه"، أن وحيد القرن لا يُصنَّف كأحد الحيوانات الأليفة، ولكن كيف لك أن تعرف كيف يبدو "شكله"، وأنت لم تره في حياتك؟

لطالما كان هدف عِلْم الحفريات هو البحث عن الحيوانات الأسطورية، مثل وحيد القرن، لأن الحفريات تُظْهِر تنوعًا لكائنات كانت موجودة في الماضي، وقد لا توجد في وقتنا الحالي، ودائمًا هناك احتمال أن يعثر شخص ما على إحدى الحفريات التي تخالف التصنيفات. وقد حدث ذلك في حالة الديناصور الصغير، الذي وصفه شينج شو وزملاؤه في دورية *Nature* (انظر: go.nature.com/jsxjxv)، وتحدَّث عنه كيفن باديان بمزيد من الاستفاضة (go.nature.com/s6g2aw).

هذا الديناصور يختلف بكل صورة يُمكن تصوُّرها عن البرونتصور *Brontosaurus* والكائنات الأسطورية behemoths المعروفة لرواد المتحف، فهو ينتمي إلى مجموعة غير مشهورة من الكائنات التي لا يتناسب حجم أجسامها مع طول أسمائها حتى الآن، وهي تمثل ثالث مثال معروف حتى الآن من الديناصور scansoriopterygid، أما الاثنان الآخران، فيحملان هذه الأسماء الثقيلة: *Epidendrosaurus* و*Epidexipteryx*، ولكنّ شو وزملاءه خالفوا العادة، وأطلقوا على المخلوق الذي اكتشفوه اسم ((Yi)، واسمه الكامل (Yi qi)، وهذا بالطبع أقصر اسم ديناصور على الإطلاق، وهو يتسق مع حجم الديناصور الصغير، الذي قد تراه العين شبيهًا بطائر السمنة، أو الزرزور. وعلى الرغم من أن ذلك الديناصور الصغير كان لديه ريش، وكان يُصَنَّف ـ من ناحية تطور السلالة ـ مع أسلاف الطيور وغيرها من الديناصورات من ذوات الريش، لكن لا يبدو أنه كان لديه ريش طيران على أطرافه الأمامية التي كانت طويلة بصورة لا تتناسب مع الجسم. وإعادة تشكيل هذه الديناصورات جعلتها تبدو أقرب إلى الليمورات ذات الريش، التي تسرع بين الغصون، وربما كانت تصيد الحشرات من بين الشقوق بأصابعها الطويلة ذات المخالب.

المخلوق المسمَّى Yi qi مختلف، فكل رسغ ترتبط به دعامة تتكون من عظام أو غضروف متكلس، ولا يمكن أن يتشابه هذا الرسغ مع رسغ أو عظام اليد العادية. وتبدو الدعامة كهيكل جديد متكون من عظمة رسغ ملحقة، ومن الممكن أن تكون عظمة سمسمانية، وهو نوع من العظام يكون عادةً مطمورًا في وتر، أو عضلة، فمثلًا "إبهام" الباندا الضخمة يتكون من هذه العظمة فقط، أما العظم السمسماني الخاص بديناصور Yi qi (إذا كان هذا هو الحال)، فهو أكبر كثيرًا بالنسبة إلى الحيوان ككل، حيث إنه يساوي عظام الذراع الأمامية في الطول، وبالتأكيد كان لوجودها سبب، فما هو هذا السبب؟

هنا ندخل منطقة الحيوانات الأسطورية كوحيد القرن، فلم نجد أبدًا أيّ ديناصور، مهما كان غريبًا، بمثل هذه الخصائص على الإطلاق. ومن ثم، فالمكتشفون حَذِرُون بعض الشيء في التفسيرات التي يُدْلون بها، فلقد أشاروا إلى احتمال أنه كان يوجد نسيج لِّين، محفوظ بمحاذاة هذه الأجزاء الغريبة، مما قد يكون غشاء يدعمه العظم السمسماني. ومن هنا، افترض العلماء أن Yi qi كان لديه أجنحة غشائية، ومن المحتمل أنه كان ينزلق في الهواء من فرع شجرة إلى آخر، بطريقة تشبه كثيرًا الطريقة التي ينزلق بها العديد من الثدييات والزواحف التي تعيش على الأشجار الآن، لكن من المرجح أنه لم يكن قادرًا على الطيران بقوة، مثل الطيور والخفافيش، أو مثل الزواحف المجنَّحة، المفترَض انقراضها. ويجب هنا أن نؤكد على أن قَرَابة الزواحف المجنحة للديناصورات والطيور كانت قَرَابة بعيدة.

عندما اكتشف العلماء في منتصف التسعينات أوائل الديناصورات المحتفِظة بريشها، أثار الأمر ضجة كبيرة، ولكن الدليل على وجود ديناصورات طبيعتها تشبه الطيور، ظل يتراكم ويزيد لفترة، ومن ثم فقد كانت الديناصورات ذات الريش تمثل لكثيرين (وليس للكل) إثباتًا، أكثر من كونها تحديًا. أمّا Yi qi، فهو شيء آخر.. إنه ديناصور له ريش، وهو من أقرباء الطيور، ويبدو أنه قام بمحاولات مختلفة تمامًا؛ لتجربة التنقل جوًّا. وكَوْن الديناصور ذو الريش قد استبدل بالريش غشاء ذا سطح انسيابي هو شيء لم يكن لأحد أن يتنبأ به، ومن ثم فإننا لم نتبين بعد ما إذا كان Yi qi هو وحيد القرن ضالّتنا، أم لا. ■

أهمية الأرقام

يحتاج الباحثون إلى المساعدة؛ لتوضيح القدرة الإحصائية للتجارب على الحيوانات.

يقال إن ألبرت أينشتاين قد أشار إلى ضرورة أن تكون النظريات بسيطة قدر الإمكان، ولكن ليس أبسط مما ينبغي. ومن المنطلق نفسه.. يجب على الباحثين في الطب الحيوي ـ الذين يُجْرُون التجارب على الأجسام الحية ـ أن يستخدموا أقل عدد ممكن من الحيوانات، ولكن ليس أقل من الحد الأدنى؛ لإجراء التجارب بنجاح. في هذا السياق.. نشرت دورية *Nature* تقريرًا عن الإجراءات التي اتخذتها بعض الجهات التمويلية التابعة لحكومة المملكة المتحدة؛ لمطالبة الباحثين المتقدمين للحصول على المنح بتوضيح طريقتهم في حساب أعداد الحيوانات التي يحتاجون إليها في التجارب؛ للحصول على نتائج تتسم بالمصداقية الإحصائية. ففي السنوات الأخيرة، زادت المخاوف من احتمال وجود تَرَاجُع مفرط في حجم عيِّنات الحيوانات المستخدمة في التجارب التي يجريها بعض الأفراد، لا سيما في البحث قبل الإكلينيكي، المعني بتحديد ما إذا كان العقار جديرًا بالمتابعة في الدراسات المُجراة على البشر، أم لا.

لا شك أن صغر حجم العينات بصورة مفرطة يمكن أن يؤدي إلى عقاقير واعدة، يثبت عدم جدواها بمجرد أن تفقد فعاليتها، أو علامات إيجابية زائفة، فضلًا عن الجدل الأخلاقي بشأن استخدام حيوانات في دراسات لا تفي بتقديم نتائج يمكن الاعتماد عليها.

> «لا وجود لحل سحري، وإنما يتعين على جميع أعضاء المجتمع العلمي التصدي معًا لهذه المشكلة».

في هذا السياق، تجدر الإشادة بالإجراء الذي اتخذته مجالس البحث العلمي بالمملكة المتحدة، والتأكيد على أن المملكة لا تعزف منفردةً على وَتَر متابعة هذه التطورات، حيث تقوم معاهد الصحة الوطنية الأمريكية باختبار استخدام قائمة مرجعية؛ لمراجعة المنح، تتضمن بعض الملامح الأساسية، مثل التصميم التجريبي؛ لتطوير إمكانية استنساخ البحث ما قبل الإكلينيكي على الحيوانات.

ولا ينبغي أن يقع هذا العبء على جهات التمويل بمفردها، بل يتعين على المعاهد العلمية أيضًا زيادة حجم الدعم المقدَّم للباحثين، والمتعلق بتصميم الجوانب الإحصائية للتجارب؛ حيث إن هذا الدعم عادة ما يكون محدودًا، أو مخصصًا لأغراض بعينها، في الوقت الذي تتسم فيه عملية تصميم الدراسة بالتعقيد، وتحتاج إلى تفكير عميق وبحث متأن من قِبَل المتخصصين الذين يعون جيدًا هذا النوع من القضايا (انظر: *Nature* **506**, 131 – 132; 2014).

تتحمل الدوريات العلمية أيضًا مسؤولية ضمان تقديم البحوث المنشورة بما يكفي من التفاصيل التي يحتاج إليها القارئ؛ ليكون قادرًا على إدراك التفاصيل الأساسية الخاصة بالتصميم التجريبي والتحليلي إدراكًا كاملًا. فهناك مطبوعات كثيرة ـ من بينها دورية *Nature* ـ تقر بالمبادئ التوجيهية (ARRIVE) المتعلقة بكتابة التقارير عن التجارب المجراة على الحيوانات (C. Kilkenny et al. PLoS Biol. 8, e1000412; 2010) . وتحتوي هذه المبادئ على الكثير من التفاصيل، ويصعب الالتزام بها عند هذا المستوى المبكر والاستكشافي من البحث.

رغم ذلك.. تقوم الدوريات الصادرة عن مجموعة Nature للنشر بتشجيع استخدام المبادئ التوجيهية (ARRIVE)، ففي عام 2013، قمنا بتطبيق قائمة مرجعية لإعداد التقارير، حيث طلبنا من الباحثين ذكر التفاصيل الأساسية الخاصة بتصميم الدراسة في هذه القائمة. وقد تضمَّنت التفاصيل الخاصة بدراسات الحيوانات طرق تحديد حجم العينة، والاختيار العشوائي، والتعمية، إضافة إلى معايير الاستبعاد (انظر: *Nature* **496**, 398; 2013). وتخضع حاليًّا فعالية التغييرات التي قُدمت في عام 2013 لتحليل التأثير.

لا يمثل حجم العيِّنة سوى قضية واحدة من بين قضايا عديدة تحتاج إلى المعالجة عند التعامل مع مشكلة ضعف إمكانية تكرار نتائج التجارب. وتضطلع الدوريات العلمية وسائر أعضاء المجتمع العلمي بدور محوري في حل هذه المشكلة. ويظهر هذا من خلال منح الثقة في الأكاديميات التي تتولى زمام المبادرة. فقد عقدت أكاديمية العلوم الطبية بالمملكة المتحدة، في إبريل الماضي اجتماعًا في لندن، حاول فيه الباحثون والمموِّلون وممثلو المعاهد العلمية والجامعات تقديم توصيات؛ للنهوض بإمكانية تكرار نتائج التجارب، من خلال فحص دراسات الحالة في عدد من التخصصات، بدءًا من علم الأوبئة، وانتهاءً بفيزياء الجسيمات، ومعرفة الدور الذي تلعبه الثقافة والمحفِّزات في هذا المجال. والحقيقة أنه لا وجود لحل سحري، وإنما يتعين على جميع أعضاء المجتمع العلمي التصدي معًا لهذه المشكلة.

ليس ثمة شك في أن الثقافة تمثل جزءًا من التحدي، وأنها الباعث الأول للعديد من الباحثين حول العالم؛ لإنتاج المزيد والمزيد من خلال المصادر نفسها. فالدافع لإنتاج أقصى عدد من البحوث والأوراق العلمية وتأثير النتائج يسيطر على الجميع.

عَقَدَ عالِم النفس التجريبي، ماركوس مونافو، وزملاؤه ـ في تعليق نشَرته دورية *Nature Biotechnology* في عام 2014 ـ مقارنة بين بحوث الطب الحيوي المعاصر من جانب، وصناعة السيارات في سبعينات القرن الماضي من جانب آخر (M. Munafò *et al*. *Nature Biotechnol*. **32**, 871–873; 2014)، حيث إن خطوط إنتاج السيارات السريعة الأكثر عرضة للخطأ بالولايات المتحدة الأمريكية وجدت نفسها تتراجع أمام المصانع اليابانية، التي شددت على أهمية مراقبة الجودة في كل مرحلة من مراحل التصنيع.

يكمن المغزى من هذا السرد في أن التأكيد على الجودة يزيد من الأعباء، لكنه جدير ـ في الوقت ذاته ـ بالجهود التي تُبْذَل من أجله؛ لتحقيق مكاسب طويلة المدى، تتعلق بثقة الجماهير. لذا.. فإن التأكد من أن قوة التجارب على الحيوانات تتناسب مع الهدف التي أجريت من أجله يُعَدّ وسيلة ضرورية للحصول على إسهام المموِّلين والباحثين. ■



يجب أن يجهـر العلماء بالحديث عن سَحْـب استثـمارات الوقـود الأحفـوري

يطلب **ألان راسبريدجر** من الباحثين المساعدة على إقناع المؤسسات الخيرية القوية بضَرْب المَثَل؛ للاقتداء بها في التوقف عن دعم انبعاثات العوادم الكربونية.

يُطلِق عليها المحررون اسم الصحافة "النافعة غير الممتعة".. ويُقصد بها الصحافة التي تقدم أخبارًا نافعة فعلًا، حتى لو لم تكن أخبارًا ممتعة بالقدر نفسه لأخبار جيرمي كلاركسون، أو عدم أناقة ملابس مقدِّمة البرنامج الصباحي.

إنّ تغيُّر المناخ هو أهم ما تتناوله الصحافة "النافعة"، فعلى الصعيد الأول.. نجد أن أغلب الناس يعون جيدًا أنه ينبغي عليهم الاهتمام بهذا الأمر، ولكن على صعيد آخر.. نجدهم لا يهتمون فعليًّا بالأمر. ربما سبب ذلك أن التفكير في الأمر مخيف جدًّا، فهو يتغير شيئًا فشيئًا من يوم إلى آخر. وعلى أي حال، يبدو أنه ليس هناك الكثير ليتم فعله في هذا الشأن، ومن ثم يهيمن على الموضوع شعور محبِط بالاستسلام للقضاء والقدر، ولذلك.. لا يعبأ محررو الأخبار بالأمر كثيرًا، ويغيِّرون الموضوع كلما ورد ذكره.

هذا.. ولكن ماذا لو كانت أخبار المناخ هي أهم الأخبار على وجه الأرض؟، بمعنى أنه إذا لم نتمكن من إيجاد حل لهذه المشكلة؛ فسنورِّث لأولادنا وأحفادنا كوكبًا معاديًا لكل صور الحضارة التي تتمتع بها.

لقد أمعنتُ الفِكْر في تساؤل معين أثناء فترة الاحتفال بعيد الميلاد المجيد في المنزل، فلقد عملت محررًا لدى صحيفة "الجارديان" لقرابة 20 عامًا، وأعلنتُ أنني سوف أتقاعد في صيف 2015، وكان التساؤل: هل بقي في عمري كمحرر فرصة لفعل شيء مهم وذي ثقل حيال التغير المناخي؟ شيء يجعل الناس يُقْبِلون بنَهَم على الصحافة النافعة غير الممتعة؟

كانت تدور في ذهني وقتها كلمات الكاتب الأمريكي ـ وأحد مُطْلِقي حملات الدفاع عن البيئة ـ بيل ماك كيبين، حين قال: "لقد تخطى هذا الأمر في أهميته حدود الصفحات المعنية بالبيئة، فبرغم تقديم علماء البيئة وغيرهم من العلماء بشكل عام الكثير على مدار السنوات الماضية، وإرسائهم للقواعد الأساسية بالفعل، إلا أن مسألة تغير المناخ قد تحركت إلى نطاق كل من السياسة، والمال، والاقتصاد. ولذلك.. عليك أن تطرق الموضوع من هذه الأبواب؛ حتى تجعل موضوعك الصحفي مؤثرًا".

إن الحملات الصحفية لها القدرة على تحميس الناس وتحريكهم بطريقة لا يستطيع الإعلام العادي تحقيقها. وقد استخفَّت صحيفة "الجارديان" بفكرة استهداف صنّاع القرار السياسي بهذه الحملة، لأن هذا الأمر من شأنه أن يجعل الأخبار المفيدة أقل جاذبية. فالأمر سهل، ولكن ربما لم يكن من المُجْدِي استهداف الجهات الكبيرة المؤذية المعروفة في مجال الوقود الأحفوري.

جدير بالذكر أن ماك كيبين أقنعنا بأن نركِّز على ثلاثة أرقام، من شأنها أن تحدد مستقبل الجنس البشري، أولها (2 درجة مئوية)، وهو حد الاحتباس الحراري المتفق عليه عالميًّا لحدوث آثار الخطيرة للتغير المناخي عنده، أما الرقم الثاني، فهو مقدار انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الزائدة، التي من شأنها أن تدفعنا لتخطي هذا الحد، ثم الرقم الأخير الذي يُمثل مقدار ثاني أكسيد الكربون الذي سيُنتَج في حالة استخراج كل احتياطي الوقود الأحفوري المعروف في العالَم، وحرقه.

بالطبع هذه الأرقام غير مؤكدة، وكلما حرقنا الوقود الأحفوري بصورة أسرع؛ تغيَّر الرقم المنتظَر، لكن الواضح فعلًا أن الرقم الثالث أعلى كثيرًا من الثاني، فهو في الحقيقة من ثلاث إلى خمس مرات أكبر منه، ومن ثم فلا يمكن على الإطلاق السماح باستخراج معظم احتياطي البترول والغاز والفحم، ولا ينبغي لشركات الوقود الأحفوري هدر رؤوس الأموال الاستثمارية في البحث عن المزيد من الاحتياطي.

هذا.. وكل الشركات التي تمتلك هذا الاحتياطي تقريبًا يتم تقييمها بما يفوق قيمتها الحقيقية بكثير، وقد بدأ هذا يتضح للعديد، بدءًا بالمصرفيين، ومرورًا بمديري التمويل الاستثماري، ورجال الدين، والمسؤولين التنفيذيين، والجامعيين، حتى المنظمات الأهلية غير الحكومية.

لا يتفق الجميع حول كيفية التجاوب مع هذا الأمر، فالبعض يعترض قائلًا إن التجريد من الوقود الأحفوري سيؤدي فقط إلى استبدال الأموال "الصالحة" بأموال "طالحة"، أو إنّ من الواجب عليهم زيادة الإيرادات للحد الأقصى، أو إنّ الحفاظ على المال في هذه الشركات يمكِّن الأشخاص "الخيِّرين" من "الاندماج في العمل"؛ وإحداث بعض الأثر.

> البعض يعترض قائلًا إن التجريد من **الوقود الأحفوري** سيؤدي فقط إلى استبدال الأموال **"الصالحة"** بأموال **"طالحة".**

ومما يدعو إلى الدهشة أن هناك شركات "خيِّرة" رفضت سحب أموالها من البترول والغاز والفحم، فليس هناك إلا القليل من المؤسسات في مجالات العلوم والأدوية، التي تُعتبر أفضل من مؤسسة "بيل وميليندا جيتس"، و"وِيلْكَم تراسْت"، حيث إنها مؤسسات تمنح مبالغ مالية ضخمة للمشروعات والأبحاث التي تنقذ أعدادًا لا حصر لها من الأرواح، وتعمل على تطوير المعرفة والفهم الإنساني. ومن ثم، فلا يوجد ـ تقريبًا ـ شيء سيئ يُمكن أن يؤخذ على مثل هذه المؤسسات.

وليس لدى أي من هاتين المؤسستين استعداد لسحب أموالها من الشركات التي لا يمكن أن يُسمح لها باستخراج الهيدروكربونات التي تمتلكها، وحرقها. وبناء عليه، وانطلاقًا من الحملة التي أطلقناها بعنوان "اتركوها في الأرض"، طلبنا من هاتين المؤسستين ـ بتوقير، لا يخلو من إصرار وحزم ـ أن يعيدا التفكير في الأمر، كما وقَّع ما يزيد على 180 ألف قارئ على الْتِمَاس؛ طالبين منهما إعادة النظر. وقبل أن تسأل عن صحيفة "الجارديان"، فقد تحركت "جارديان ميديا جروب" ـ خلال شهرين من حالة عدم التفكير كثيرًا في الأمر ـ إلى إعلان سحب تمويلها بمبلغ 800 مليون جنيه استرليني (1,2 مليار دولار أمريكي) من استثمارات الوقود الأحفوري في فترة تتراوح بين عامين، وخمسة أعوام.

وبالنسبة إلى عذر "وِيلْكَم تراسْت" في أنها تفضِّل "الاندماج في العمل" مع شركات الوقود الأحفوري العملاقة، فهو يبدو عذرًا واهيًا، لأنها لم تقدم دليلًا على تحقيق مكاسب ملموسة من وراء اتباع هذه الاستراتيجية. وإذا كانت مؤسسة "وِيلْكَم تراسْت" قادرة حقًّا على تحديد ثمار الاندماج في العمل مع هذه الشركات؛ فينبغي عليها بالطبع توضيح الأدلة، على غرار العلماء الطيبين، بدلًا من أن تخفيها خلف ستار دواعي السرية التجارية. بالمثل، إذا كانت مؤسسة "جيتس" تريد أن تُظْهِر أن النفع الذي تقدمه يفوق الأنشطة الضارة التي تساعد في تمويلها، فينبغي عليها أن تُخْرِج القضية للرأي العام.

أما في حالة غياب هذه الأدلة؛ فستكون هذه المؤسسات الرائعة قد امتنعت عن تولي القيادة التي يمكنها بها إحداث تحوُّل في استراتيجية الدفاع عن القضية، بالإضافة إلى التأثير على الآخرين. وبالطبع، فإن أكثر الأصوات التي يمكن أن يتردد صداها كثيرًا تجاه مؤسستَي "وِيلْكَم تراسْت"، و"بيل وميليندا جيتس" هي أصوات العلماء؛ ولذلك.. أرجو منكم أن توصلوا أصواتهم، وتجعلوها مسموعة. ■

ألان راسبريدجر رئيس تحرير صحيفة "الجارديان" في لندن.
البريد الإلكتروني: alan.rusbridger@theguardian.com

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال: go.nature.com/c4hWkl

GUARDIAN NEWS & MEDIA

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث



فلنختبر آثار الرماد البركاني على المحركات النفاثة

يوضح **ماثيو واتسون** أنه للحكم على مدى سلامة الطيران أثناء ثوران بركان، لا يُمكن لمجال خطوط الطيران الاكتفاء بالتطورات في مراقبة البراكين وتوقُّعها.

شَهِد الأسبوع الثاني من إبريل الماضي الذكرى الخامسة لثورة البركان الأيسلندي "إيافيالايوكول" Eyjafjallajökull، الذي عطَّل حركة الملاحة الجوية في أوروبا؛ حيث توقفت الرحلات الجوية لمدة ستة أيام، بينما تخبَّط السياسيون وعامة الشعب في أفكار إدارة المخاطر، وعانوا من غياب المعرفة العلمية. تم اتخاذ قرارات صحيحة حينئذ. وفي أعقاب الكارثة مباشرةً، أطلقت الحكومات وشركات خطوط الطيران وعودًا بأنها ستطبق الدروس المستفادة من الإغلاق الذي تكبَّد الاقتصاد العالمي على إثره ما يُقدَّر بمبلغ 5 مليارات دولار أمريكي. فهل كانت الأمور ستختلف، إذا ثار البركان نفسه غدًا؟ الإجابة هي: "نعم، ولا، في الوقت ذاته".

لم يحالفنا الحظ في عام 2010؛ فكانت الصهارة التي أنتجها البركان غنية بالسيليكا، مما أضاف لُزُوجة عالية إليها، وسالت هذه الصهارة وسط وفرة من ماء جليد منصهر. ونتيجةً لذلك.. كانت جزيئات الرماد ناعمة على نحو غير معتاد، وسافرت لمسافات طويلة، حتى وصلت إلى قلب أوروبا في رياح شمالية مستقرة؛ مما صعَّب الأمور.

ومنذ عام 2010، شهدت أيسلندا ثورتي بركانين آخرين، هما: بركان "جريمسفوتن" Grímsvötn في 2011 و"بارداربونجا" Bárðarbunga في 2014 - 2015، ولكن لم يكن لأيهما الأثر نفسه للبركان الأول في 2010. من أسباب ذلك.. أن الظروف الجوية والجيولوجية كانت أكثر اعتدالًا، كما تطورت قابليتنا لمراقبة سحب الرماد، وتوقُّع كيفية انتشارها. أدَّت هذه التطورات إلى إدارة الفضاء الجوي بطريقة أفضل، وساعدتنا في النهاية على الاحتفاظ بتسيير رحلات جوية أكثر من ذي قبل في تلك الأحوال.

كان أكبر تغيير في السياسات منذ 2010 هو التحول من عملية اتخاذ القرار ـ التي كانت تعتمد ببساطة على وجود أي رماد بركاني ـ إلى أخرى تستند إلى وجود حد أمان. فيُمكن للطائرات الآن التحليق، طالما لا تتخطى نسبة تركُّز الرماد أكثر من 0.2 ملِّيجرام في المتر المكعب الواحد.

للوصول إلى حد الأمان هذا، وجب إجراء المزيد من القياسات الدقيقة للرماد البركاني الجوي، عن طريق القمر الصناعي، ولم تكن هذه الوسائل مُتاحة في عام 2010. ومما يحبط العاملين في هذا المجال هو أن المعرفة التي كنا نحتاجها للتوصل إلى هذه القياسات كانت موجودة قبل خمس سنوات، ولكنها لم تكن مُستغلَّة. والواقع أنه في عام 2010 بلغ عمر خوارزمية القمر الصناعي الأساسية التي تكشف عن مستويات الرماد 20 عامًا. بالطبع يحتاج انتقال نتائج الأبحاث من النظرية إلى التطبيق وقتًا، لكن هذا درس جيد، يبرهن على أن تطور الجهود السياسية واتجاهها لاستخدام أبحاث علمية أكثر حداثةً لم يكن ليحدث، إلا بعد وقوع أزمة.

حدثت تطورات أخرى متسارعة منذ 2010؛ أدَّت ـ بالاقتران مع فهم الخوارزميات الموجودة (الذي أتى متأخرًا، ولكنْ بالطبع خير مِن ألّا يحدث مطلقًا) ـ إلى المضِيِّ خطوة في درب تغيير إقبالنا على مراقبة الثورات البركانية عن بُعد، وتعقُّب تركُّز الرماد وارتفاعه.

كما تطورت أيضًا نماذج الانتشار، ومن أمثلتها: نموذج "بلومرايز" PlumeRise، وهو نموذج يعتمد على ديناميكية الموائع التي تعوض عن تفاعل الرياح مع عمود الرماد، وهذا يساعد العلماء على حساب قوة الثوران البركاني بدقة أكبر؛ مما يحسِّن من توقعات النموذج. لم تفسر النماذج المستخدَمة في عام 2010 الانحناء في عمود الرماد عند مواجهة الرياح العالية، وقد تكون أيضًا قلَّلت من تقدير كمية المواد المنطلقة في الجو. أما الآن، فتَستخدِم المراكز الاستشارية للرماد البركاني حول العالم إصدار هذا النموذج عبر الإنترنت، وقد كانت هذه نتيجة مباشرة لثورة بركان "إيافيالايوكول".

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال:
go.nature.com/8rmDG7

انتعشت أيضًا الاستثمارات الضخمة في المعدات المادية المستخدَمة في هذا المجال؛ حيث تم استخدام مجموعة مستشعرات أرضية حديثة للغاية في أيسلندا؛ من أجل قياس الرماد البركاني والغازات. وفي المملكة المتحدة، استثمرت الحكومة في شبكة تعمل بتكنولوجيا كشف الضوء وتحديد المدى؛ لرصد الرماد من الأرض، واستثمرت أيضًا في طائرة ثانية مخصصة للتحقق من مستويات الرماد في السماء.

إذًا، أصبح لدى صناع القرار معلومات أكثر من 2010 فيما يتعلق بالخطر وردود الفعل المُمكنة. فعلى سبيل المثال.. يدخل الخطر الذي يشكله الرماد البركاني على الفضاء الجوي والبنية التحتية في تقرير سِجِلّ المخاطر الوطني في المملكة المتحدة، ويسرد التقرير خططًا لمواجهة الحالات المُحتملة للأنواع المختلفة من النشاط البركاني ودرجاته. وقد وفرت ثورة بركاني "جريمسفوتن" و"بارداربونجا" فرصةً لاختبار ردود الفعل هذه، وتحسينها.

> أصبح لدى صناع القرار **معلومات** أكثر من عام 2010 فيما يتعلق بالخطر، **وردود الفعل** المُمكنة.

وضعت هيئة الطيران المدني في المملكة المتحدة (CAA) قواعد جديدة للطيران في وجود رماد بركاني؛ فيُقسم الفضاء الجوي في المملكة المتحدة الآن إلى ثلاث مساحات، حسب كثافة الرماد، وهي: منخفضة، ومتوسطة، ومرتفعة. يُمكن لجميع الطائرات التحليق في المناطق ذات الكثافة المنخفضة، ولكن يُطلب من خطوط الطيران أن توضح كيف ستتمكن الطائرات من التحليق بأمان في المناطق ذات الكثافة المتوسطة والعالية، ويُطلب منها الحصول على موافقة هيئة الطيران المدني على براهين الأمان هذه. كما تصرح هيئة الطيران المدني أيضًا بأنه توجد براهين أمان عديدة متعلقة بالمناطق ذات الكثافة المتوسطة، مقبولة بالفعل.

هل يعني هذا أن الفضاء الجوي لن يُغلق مجددًا، كما حدث في عام 2010؟ على الأرجح.. نعم، لن يُغلق، ولكن مع وجود بعض القيود. أولًا، سيكون لبعض الأحداث أثرٌ، بغضّ النظر عن جودة إدارتها. فمثلًا.. لا يزال من شأن ثورة بركانية كبيرة تَحمِل الرماد أن تعطِّل الملاحة الجوية.

ثانيًا، وبالرغم من قابلية رصد تركيزات الرماد، وقياسها، وتوقُّعها بمهارة أكبر، لا تزال هناك بعض العناصر المهمة المجهولة، ومن أهمها: طريقة تعامل المحركات النفاثة مع الرماد، وتحديدًا المحركات الجديدة ذات درجة الحرارة الأعلى.

تم إجراء عدد قليل جدًّا من الاختبارات؛ للوقوف على كيفية تأقلم المحركات مع الرماد. وكانت هذه التجارب مكلفة ومعقدة، خاصةً عندما كانت تُجرى على محركات كاملة، وليس أجزاء منها. هذا.. وبدون وجود فكرة أوضح عن تعامُل المحركات مع الرماد، تصبح التحديدات الدقيقة للمناطق المقبول الطيران فيها ـ مثل التي تضعها هيئة الطيران المدني في المملكة المتحدة ـ غير واقعية. وهناك بعض التجارب المُخطط إقامتها في المستقبل، ولكن حتى تحدث.. ستعاني خطوط الطيران على الأرجح في البرهنة بشكل مُقنِع على أمان تحليق الطائرات في مستويات كثافة الرماد المتوسطة والمرتفعة.

ومِن دون مجهود العاملين بالمجال، سيصعب استخدام الكثير من التطورات العلمية التي يتم التوصل إليها في مجابهة أي أزمة سحب رماد جديدة. ■

ماثيو واتسون باحث في كلية علوم الأرض، وزميل معهد كابوت في جامعة بريستول في المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: matt.watson@bristol.ac.uk

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بيولوجيا الطيور

طائر صغير يقطع رحلة طويلة

تمكَّن باحثون من تأكيد قيام طائر مغرد صغير، يزن 12 جرامًا فقط، برحلة هجرة استثنائية. فلطالما ساد اعتقاد أن طائر الشحرور الصداح (*Setophaga striata*) يطير دون توقف من شمال شرق أمريكا الشمالية إلى أمريكا الجنوبية، أو منطقة البحر الكاريبي. لذا.. زَوَّد وليام ديلوكا وزملاؤه ـ بجامعة ماساتشوستس، أمهرست ـ الطيور بأجهزة تزن 0.5 جرام، وتسجِّل مستويات الضوء بمرور الوقت؛ مما يتيح استنتاج خطوط الطول والعرض من تاريخ وتوقيت كلّ من الغسق والفجر. تمَّت استعادة خمسة طيور بنجاح، وأشارت البيانات إلى أن الطيور حلَّقت في خط مستقيم فوق المحيط الأطلسي إلى منطقة البحر الكاريبي، حيث توقفت قبل استئناف الطيران إلى أراضي الإشتاء في أمريكا الجنوبية. ويقول الباحثون إن الرحلة تطلبت ثلاثة أيام من الطيران بدون توقف، وغطَّت حوالي 2,500 كيلومتر، وتمثِّل أحد أطول الهجرات المسجلة لطائر بحجم الشحرور.

***Biol. Lett.* http://doi.org/3ch (2015)**

THEODORE ALEXANDROV/PROC. NATL ACAD. SCI. USA

التصوير

خريطة ثلاثية الأبعاد للجِلْد

أبْصَرَ باحثون تعقيدات الجلد البشري، عن طريق إنشاء خريطة ثلاثية الأبعاد (3D) للمواد الكيميائية والميكروبات الموجودة على أكبر عضو في الجسم. مسح بيتر دوريستين وزملاؤه ـ بجامعة كاليفورنيا في سان دييجو ـ 400 موضع على جلد متطوِّعَيْن بشريين صحيحين، امتنعا عن الاستحمام لمدة ثلاثة أيام قبل أخْذ العيِّنات. وباستخدام قياس الطيف الكتلي، وتسلسل الحمض النووي، حدد الباحثون المركَّبات الكيميائية والميكروبات على الجلد، واستخدموا حاسوبًا عملاقًا؛ لدمج البيانات، وبناء خريطة تغطي الجسم كله (في الصورة خريطة كيميائية لمتطوع؛ الأزرق يعني تنوعًا جزيئيًّا منخفضًا، والأحمر يعني تنوعًا مرتفعًا).

يخطِّط الباحثون الآن لتوصيف المزيد من المواد الكيميائية وميكروبات الجلد، ويقولون إنه يمكن استخدام تقنيَّتهم في حقول تتراوح من الطب الشرعي إلى تطوير منتجات التجميل.

***Proc. Natl Acad. Sci. USA* http://doi.org/3h8 (2015)**

علوم الغلاف الجوي

التلوث الآسيوي يتجه جنوبًا

يؤثر التلوث من شرق آسيا على نوعية الهواء في مناطق مدارية بعيدة. فقد رصد باحثون بقيادة ماثيو آشفولد ـ من جامعة كمبريدج المملكة المتحدة ـ مستويات مرتفعة من غاز يحتوي على الكلور في موقعين بعيدين في جزيرة



PETAR KUJUNDZIC/REUTERS/CORBIS

بورنيو الاستوائية خلال فصل الشتاء في نصف الكرة الشمالي في عامي 2008-2009. واستخدم الفريق نموذج نقل جوي؛ لإظهار أن هذه المادة الكيميائية ـ وهي مؤشر على مجموعة من الملوثات الصناعية ـ نُقلت جنوبًا من شرق آسيا عن طريق كتل هوائية باردة تتحرك بسرعة.

وأثناء الموجات الباردة، يمكن أن يصل تلوث الهواء الآسيوي الشرقي (**في الصورة**) إلى خط الاستواء في غضون أيام قليلة. وإذا انتقلت ملوثات الكلور ـ التي تسبِّب تآكل الأوزون عن طريق الحمل الحراري ـ إلى الغلاف الجوي الاستوائي، فمن شأن المركّبات قصيرة الأجل أن يكون لها تأثير سلبي على الأوزون في طبقة الستراتوسفير، حسبما يقول الباحثون.

***Atmos. Chem. Phys.* 15, 3565–3573 (2015)**

الفيزياء الفلكية

نيوترونات من مَجَرَّة بعيدة

ربما جاء نيوترينوان من النيوترينوات الأكثر نشاطًا ـ التي رصدها تليسكوب في القطب الجنوبي ـ من نوى مجرات بعيدة. تُعَدّ النيوترينوات جزيئات مستقرة، يمكنها السفر بعيدًا في الفضاء. ولذا.. من الممكن أن تسلط الضوء على أجرام فلكية ومَجَرِّيَّة بعيدة. وقد التقط تليسكوب القطب الجنوبي "آيس كيوب" IceCube إشارات لنيوترينوات في عامي 2011 و2012، وكانت أول نيوترينوات على الإطلاق تبلغ طاقاتها 1 بيتا إلكترون فولت (1×10^{15} إلكترون فولت)، مما يدل على وجود مصدر قوي، مثل نجم زائف متوهج؛ وهو نوع من المجرّات عالية الطاقة. ودرّس فريق بحثي بقيادة كلانسي جيمس ـ من جامعة إيرلانجن ـ وماتياس كادلر ـ من جامعة فورتسبورج، وكلاهما في ألمانيا

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ـ بيانات ست سنوات من تليسكوب النيوترينو تحت الماء "أنتاريس" ANTARES، قبالة سواحل طولون، فرنسا، الذي يمسح ستة نجوم زائفة متوهجة لمزيد من النيوترينوات. وقد أنتج كل من النجمين الزائفين المتوهجين ـ اللذين يُعتَبَران أفضل مرشحين ـ أحداثًا تتسق مع بصمة نيوترينو، مما يشير إلى أنهما قد يكونا مَصْدَرَي نيوترينوات "آيس كيوب".

Astron. Astrophys. **576, L8 (2015)**

علْم الأحياء البحرية

كائنات بحرية تتكيف مع الأحماض

تستطيع قنافذ البحر أن تغيِّر جذريًّا من استخدامها للطاقة؛ لمواجهة محيطات أكثر حمضية. فقد قاد دونال ماناهان فريقًا من الباحثين ـ من جامعة جنوب كاليفورنيا في لوس أنجيليس ـ يقوم على تربية قنافذ *Strongylocentrotus purpuratus* في ظروف مياه البحر الحالية، وفي ظروف أكثر حمضية من المتوقَّع حدوثها في ظل بعض سيناريوهات تغيُّر المناخ. ولم يجد الباحثون أي اختلاف بين مجموعتي اليرقات من حيث الحجم، أو التعبير الجيني، أو معدل الأيض، لكن اليرقات التي تتغذى في مياه أكثر حمضية خصَّصت 84% من جزيء ثلاثي فوسفات الأدينوزين "ATP"، الذي ينقل الطاقة داخل الخلايا، لتخليق البروتينات ونقل الأيونات، في حين أن اليرقات التي تتغذى في ظروف طبيعية خصصت 55% فقط من ثلاثي فوسفات الأدينوزين لهذه المهام. يقول الباحثون إن تغيير عملية الأيض ربما يساعد قنافذ البحر وكائنات بحرية أخرى على تحمُّل تغيُّر المناخ.

Proc. Natl Acad. Sci. USA **http://doi.org/3cg (2015)**

LENTINK LAB/IOP PUBLISHING

تحرير الجينوم

"كريسبر" يتحكم في التعبير الجيني

يمكن تعديل تقنية تحرير للجينوم؛ بغرض تفعيل جينات معينة، وتعطيلها، من خلال تغييرات "فوق جينية". تتيح هذه التقنية ـ وتُسمى "كريسبر" ـ لعلماء الأحياء تحرير تسلسلات محددة للحمض النووي، لكنها لا تغير عادةً الجينوم الفوقي؛ وهي التعديلات الكيميائية للحمض النووي والبروتينات المرتبطة به، التي تنظم التعبير الجيني. ولاستهداف الجينوم الفوقي، عدَّل تيموثي ريدي، وتشارلز جيرسباك وزملاؤهما ـ بجامعة دوك في دورهام بولاية نورث كارولينا ـ الإنزيم المستخدَم في نظام "كريسبر"، بحيث لم يعد يقطع الحمض النووي، ودمجوه مع جزء من الإنزيم الذي ينقل مجموعات الأسيتيل على البروتينات المرتبطة بالحمض النووي.

استهدف الباحثون بالإنزيم المعدل بروتينات قريبة من تسلسلات حمض نووي معينة، وأظهروا أن مجموعات الأسيتيل المضافة عزَّزت تعبير الجينات المرتبطة بها. ويمكن استخدام هذا النهج لفَهْم كيف تؤثر تغييرات فوق جينية محددة على التعبير الجيني بالقرب من موضع التعديل الكيميائي، والجينات الأبعد من هذا الموضع، وفق رأي الباحثين.

Nature Biotechnol. **http://dx.doi.org/10.1038/nbt.3199 (2015)**

علْم الأمراض الجزيئية

سرطان ينتشر بين المحار

من المرجَّح أن تفشِّي سرطان ـ شبيه بسرطان الدم ـ يصيب البطلينوس الرخوي قد نشأ في حيوان واحد. فثمة سرطانات غامضة تؤثر على المحار وكائنات بحرية أخرى من ثنائيات الصَّدَفَة في الولايات المتحدة وأوروبا منذ عقد السبعينات على الأقل. فقد درّس ستيفن جوف وزملاؤه ـ بجامعة كولومبيا في نيويورك ـ الحمض النووي للخلايا السرطانية وغير السرطانية من عدة تجمُّعات لبطلينوس رخوي (*Mya arenaria*) على طول الساحل الشرقي للولايات المتحدة. ولُوحِظ أن الحمض النووي من الخلايا السرطانية لم يتطابق مع أيٍ من الأنسجة الأخرى للعائل، لكن الخلايا السرطانية كانت متماثلة جينيًّا مع بعضها البعض، مما يشير إلى نشأتها من سلف واحد.

هناك سرطانان آخران معروفان فقط من السرطانات المعدية، ويؤثران على الكلاب وشياطين تَسْمَانيا. ومع ذلك.. قد تكون اللافقاريات معرَّضة للإصابة بصفة خاصة؛ لأنها تفتقر إلى جزء من الجهاز المناعي للفقاريات، يحدِّد الخلايا الغازية الأجنبية، وفقًا لقول الباحثين.

Cell **161, 255–263 (2015)**

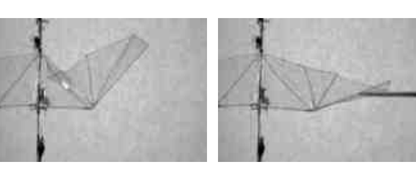
اختيـــار المجتمـــع

الأبحاث الأكثر قراءةً في العلوم

علماء يتبادلون عبارات سارّة

قد تصبح المحادثات عبر الإنترنت بشأن العلوم غارقة في السلبية، مِن أثر نقص الوظائف، وتضاؤل دعم المنح، وتدهور استعراض الأقران، لكن صفحات "تويتر" صارت إيجابية مؤخرًا لعديد من الباحثين. فقد الْتَفَّ باحثون من جميع التخصصات حول هاشتاج (أنا عالِم لأن) #IAmAScientistBecause؛ بهدف تبادل مصادر الإلهام العلمي. وكتبت تشلسي بوليس ـ متخصصة علم الأوبئة في معهد جوتماشر في مدينة نيويورك ـ في تغريدة لها: "ممارسة العلوم تثمن الحقيقة والنزاهة. أنا محاطة بزملاء، تحفِّزهم أشياء أخرى غير المال". واندلعت عاصفة منفصلة على "تويتر"، بفضل ميليسا فوت ـ المحررة العلمية في بيثيسدا بولاية ميريلاند ـ التي قالت في تغريدة لها: "تحدي اليوم: دعونا ننشئ قائمة #womeninSTEM تتجاوز الشخصيات المعتادة #BeyondMarieCurie". وقد أثار التحدي سيلًا من التغريدات عن عالمات إناث بارزات من الماضي والحاضر.

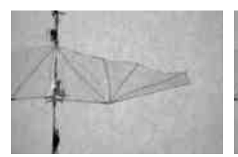
NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتَداوَلة.. انظر:
www.nature.com/cnawio



علوم الروبوت

أجنحة تتعامل مع التصادم

يمكن لجناح مستوحَى من أجنحة الطيور والخفافيش التغلب على الاصطدام بعقبات، وربما يتيح تطوير روبوتات طائرة، وتحسين كفاءة استخدام الطاقة. فقد صنعت أماندا نيفيز ستوورز، وديفيد لِنْتِنْك ـ من جامعة ستانفورد، كاليفورنيا ـ جناح روبوت مرفرفًا، يتكون من "ذراع" متصل بالجسم، و"يد" مفصلية متصلة بذلك الذراع. ينبسط التصميم بشكل طبيعي عندما يخفق الجناح أثناء الطيران. كشفت نمذجة (الطيران) أن الرفرفة تولِّد تسارعًا؛ مما يبسط الجناح. وأظهر الباحثون في المختبر أنه عندما تضرب يد الجناح فرعًا (**في الصورة**، على اليمين)، يعوِّض الجناح الصدمة بأنْ يُطوَى (في الوسط) ثم ينبسط (على اليسار)، متحملًا صدمات بسرعة 5 أمتار في الثانية الواحدة. يقول الباحثان إن هذا التصميم قد يساعد الروبوتات المرفرفة في المستقبل على التعامل مع مسارات طيران صعبة، دون الحاجة إلى خوارزميات معقدة؛ لأنه من الممكن تحمُّل التصادم، بدلًا من تجنُّبه.



Bioinspir. Biomim. **10, 025001 (2015)**

علْم الأعصاب

كيفية تكوين ذاكرة وهمية

يمكن افتعال الربط بين ذكريات منفصلة؛ من خلال تنشيط مجموعات متمايزة من الخلايا العصبية في الوقت نفسه. فقد سمح كاورو إنوكوتشي وزملاؤه ـ بجامعة تویاما، اليابان ـ لفئران أن تستكشف وعاء أسطوانيًّا. وفي وقت لاحق، وضع العلماءُ الفئرانَ في صندوق مكعب، وعرَّضوا أقدامها لصدمة كهربائية فورية، ثم استخدموا ضوءًا؛ لتحفيز الخلايا العصبية التي نشطت في منطقتي الحصين واللوزة في دماغ الفأر عندما ألقت الحيوانات ذكرياتها عن الوعاء الأسطواني الآمن، وعندما تلقَّت صدمة كهربائية في الصندوق. وعندما وضعت الفئران المحفزة باستخدام الضوء مرة أخرى في الأسطوانة، تصلَّبت لفترة أطول من الفئران التي لم تتلقّ تحفيز المخ، مما يشير إلى أن الفئران المحفَّزة قَرَنَت بين الصدمة، والبيئة الآمنة.

Cell Rep. **http://dx.doi.org/10.1016/j.celrep.2015.03.017 (2015)**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

السرطان

استهداف الوَرَم النقوي المتعدد

ربما تكافِح طريقة جديدة لمنع الإنزيمات التي تدمر بروتينات معيبة سرطان الدم النقوي المتعدد. إن البروتوزومات هي معقَّدات إنزيمات تحلّل البروتينات التي اختلّ طيها، ويسفر تعطيلها عن إيقاف انتشار بعض أنواع السرطان، لكن الخلايا السرطانية سرعان ما تصير مقاوِمة لهذا التثبيط. ولذلك.. استهدف توماس كودادك وزملاؤه ـ بمعهد سكريبس للأبحاث في جوبيتر بولاية فلوريدا ـ جزءًا آخر من هذا النظام في محاولة لتجنُّب المقاومة. وأظهر الباحثون تأثيرًا مضادًّا للسرطان، إثر حجْب مستقبِل يُسمى Rpn13، يوجد بكميات مرتفعة في الخلايا السرطانية، لكن مثبطات البروتوزومات التقليدية لا تستهدفه. ويرتبط جزيء الحجْب بشكل انتقائي بالمستقبِل Rpn13، وهو سام لخلايا الورم النقوي المتعدد. ويؤكد عمل الباحثين تقريرًا سابقًا يفيد بإمكانية تقييد مركب يشبه الدواء بالمستقبِل Rpn13 تحديدًا.

***J. Am. Chem. Soc.* http://doi.org/372 (2015)**

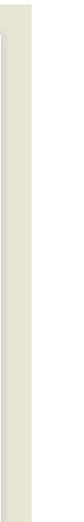
سلوك الحيوان

الألوان المُبْهِرة تلهي الحيوانات المفترسة

تمتلك حيوانات كثيرة تَلَوُّنًا، يتحول اعتمادًا على الزاوية التي ترى منها، وهذا قد يساعدها على تجنب الحيوانات المفترسة. تطوَّر "تَلَوُّن التداخل" هذا عدة مرات في الخنافس، والطيور، والسَّمَك، وغيرها من المخلوقات، لكن السبب لم يكن واضحًا. فقد درَّب توماس بايك - ويعمل الآن في جامعة لينكولن، بالمملكة المتحدة - سِمّان المختبرات الياباني (*Coturnix japonica*)؛ لينقر على أهداف متحركة على شاشة. وعندما تغيرت الأهداف من اللون الأخضر إلى الأزرق أثناء تحركها عبر الشاشة، احتاج السِّمّان عددًا أكبر من محاولات النقر؛ لينجح في "التقاط" الفريسة الوهمية. كانت نقرات السِّمّان أيضًا أقل دقة مما كانت عندما بقيت الأهداف من اللون نفسه. وتشير النتائج إلى أن هذا النوع من التلون يضعِف قدرة المفترس على تحديد موقع الفريسة بدقة.

***Biol. Lett.* 11, 20150159 (2015)**





SUSAN BISSELL

الميكانيكا الحيوية

كيف تمشي الحيوانات الغطّاسة على الماء

الحيوانات الغطّاسة هي أثقل الحيوانات المعروفة التي تجري على سطح الماء. وهي تحقِّق هذا الإنجاز باستخدام خطواتها السريعة، وقدمين كبيرتين تضرب بهما السطح. يجري الغطّاس الغربي، وغطّاس كلارك (*Aechmophorus occidentalis* و*Aechmophorus clarkii*؛ في الصورة) مسافة تصل إلى 20 مترًا على سطح الماء، ولمدة تصل إلى 7 ثوان أثناء طقوس تزاوُج، وهما من بين عدد قليل من الحيوانات التي تمتلك هذه المقدرة. فقد حلَّلت جلينا كليفتون وزملاؤها ـ بمركز أبحاث محطة كونكورد الميدانية، التابع لجامعة هارفارد في بدفورد بولاية ماساتشوستس ـ فيديو عالي السرعة لطيور برية تؤدي الرقصة، ودرسوا نماذج لقَدَم الغطاس في المختبَر. ووجد الباحثون أن الطيور تبقى فوق سطح الماء بفضل معدل خطوات سريع يصل إلى 20 خطوة في الثانية، وكذلك أقدام عريضة مسطحة تضرب سطح الماء بقوة كافية لدعم ما يصل إلى 55% من وزن الطائر، كما أن قدمي الحيوان مصممة للحدّ من السَّحْب.

***J. Exp. Biol.* 218, 1235–1243 (2015)**

علْم الإنسان

قامات المومياوات تكشف زواج الأقرباء

تدعم أطوال الفراعنة المحنَّطين ـ الذين حكموا مصر القديمة ـ الاعتقاد بأنهم تزوجوا أشقاءهم. تذكر السجلات التاريخية أن الكثير من الفراعنة المصريين تزوجوا أخواتهم، لكن من الصعب إثبات ذلك من خلال الفحص الوراثي؛ بسبب معارضة أخلاقية على تدمير أنسجة المومياوات (**في الصورة**، مومياء رمسيس الثالث، الذي كان فرعون مصر من عام 1186 حتى 1155 قبل الميلاد). وقد استخدم فرانك روهلي وزملاؤه ـ بجامعة زيوريخ في سويسرا ـ أطوال الأجسام، التي تعتمد اعتمادًا كبيرًا على الوراثة؛ من أجل البحث عن أدلة على زواج الأقارب في 259 مومياء تخصّ أفرادًا من العائلة المالكة ومن عامة الناس، على حد سواء. يقول الباحثون إن التفاوت في طول الفراعنة كان أقل من الرجال من عامة السكان، مما يوحي بأن المصريين الملكيين ربما تزوجوا من الأقارب أكثر من العوَام. يميل الفراعنة كذلك إلى أن يكونوا أطول من الرجال غير الملكيين في الفترة الزمنية نفسها. وكان التباين في طول نساء العائلات الملكية وغيرهن متغيرًا بالقدر نفسه.

***Am. J. Phys. Anthropol.* http://doi.org/37x (2015)**

PATRICK LANDMANN/SPL

علْم الفَلَك

ضوء من عالَم غريب

رصَد علماء فلك ضوءًا منعكسًا من كوكب يدور حول شمس بعيدة، من خلال استخلاصه من ضوء نجوم الخلفية. يتيح الاكتشاف الحسابات المباشرة لكتلة الكوكب الخارجي وخواصه الأخرى، بدلًا من الاستدلال عليها باستخدام أساليب أخرى.

استخدم جورجي مارتينز وزملاؤه ـ بجامعة بورتو في البرتغال ـ جهاز البحث عن كواكب السرعة الإشعاعية عالي الدقة (HARPS) في منشأة لاسيا،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

التابعة للمرصد الأوروبي الجنوبي في شيلي؛ لدراسة 51 بيجاسي ب (Pegasi b 51)، وهو أول كوكب خارجي يوجد حول نجم يشبه الشمس. وطرح الباحثون ضوء النجم، ولم يتبق سوى طيف الكوكب الخافت. من هذه البيانات، قدَّر الباحثون أن كتلة الكوكب نصف كتلة المشتري تقريبًا. وقد يتيح رصد هذا الضوء المنعكس من كواكب خارجية أخرى لعلماء الفلك تحديد خصائص أكثر من التقنيات الأخرى.
Astron. Astrophys. **576, A134 (2015)**

ARMIN HINTERWIRTH

الحماية البيئية

حفريات تبيِّن خطر الانقراض

يمكن أن تشير السجلات الحفرية إلى الأنواع البحرية الحديثة المعرَّضة لخطر الانقراض في غياب النشاط البشري. فقد استخدم سيث فينيجان وزملاؤه ـ بجامعة كاليفورنيا في بيركلي ـ أحافير من الـ23 مليون سنة الماضية؛ لدراسة خطر انقراض 2,897 جنسًا من 6 مجموعات، وهي سمك القرش، والثدييات البحرية، والمرجان الحجري، والرخويات ذات الصدفتين، وشوكيات الجلد (مثل قنافذ البحر)، والقواقع.
وجد الباحثون أن النطاقات الجغرافية الصغيرة زادت باستمرار من خطر الانقراض، وأن هناك مجموعات تصنيفية واسعة أكثر عرضةً لخطر الانقراض باستمرار من غيرها. وأسفر رسم خرائط هذين الملمحين على خريطة أقارب هذه المجموعات الست المعاصِرة عن إظهار توزيع خطر الانقراض الأساسي، ووجود نقاط ساخنة في المناطق المدارية بالمحيط الهندي الهادئ، وغرب المحيط الأطلسي. ويمكن أن يشير التداخل بين خط الأساس هذا والضغوط بشرية المصدر إلى المناطق المهدَّدة بصفة خاصة.
Science **348, 567–570 (2015)**

ICECUBE/NSF

عِلْم البيئة

مِثْل الفراشة، وزهرة البوق

تُحْسِن فراشات الصقر إيجاد الرحيق في الزهور التي على شكل مخروط البوق من تلك التي تشبه قرصًا مسطحًا. استخدم إريك أوكتافيو كامبوس وزملاؤه - بجامعة واشنطن في سياتل - طابعة ثلاثية الأبعاد؛ لإنتاج زهور مسطحة، أو مقوسة، مثل البوق. وأدخل الباحثون أنبوبًا مملوءًا بماء محلى بالسكر في مركز كل زهرة، وتركوا فراشات الصقر (*Manduca sexta*، **في الصورة**) تتغذى عليها. ورغم أن الفراشات زارت نوعي الزهور بالقدر نفسه، فقد نهلت من زهور البوق أحيانًا أكثر من الزهور المسطحة. وتشير النتائج إلى أن شكل البوق يساعد على توجيه أجزاء مجس فم الفراشة إلى الرحيق.
قبل ظهور الطابعات ثلاثية الأبعاد، كان على علماء البيئة الذين درسوا التفاعلات بين النباتات والملقحات تربية الزهور، أو نحت أخرى وهمية باليد. وأتاحت تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد لفريق كامبوس تحديد شكل الزهرة، وإنتاج نماذج دقيقة بسهولة.
Funct. Ecol. **29, 462–468 (2015)**

عِلْم الزلازل

انسحاق القشرة يؤدي إلى هزّات كبيرة

قد تَحْدُث أكبر الزلازل في العالم في حشود، إذا تهيَّأ الوضع الجيولوجي المناسب. وتَحْدُث الزلازل الكبرى (التي شدتها 8.5 درجة فما فوق) عندما تهبط إحدى صفائح القشرة الأرضية تحت أخرى. وإذا كان عرض تراكب الصفائح واسعًا ـ لا سيما أكثر من 120 كيلومترًا تقريبًا ـ فلن يخفف حتى زلزال ضخم جميع الضغوط التي تتراكم بين الصفيحتين، كما يقول فريق بحثي بقيادة روبرت هورنيندورفر من المعهد السويسري للتكنولوجيا (ETH) في زيورخ، سويسرا. وتشير النمذجة الحاسوبية للباحثين إلى أن ما يمكنه التغلب على التراكب العريض للصفائح وتخفيف الضغط الزلزالي فقط هو سلسلة من الزلازل الضخمة التي تبلغ ذروتها في زلزال كبير نهائي. هذه "الدورة الكبرى" قد تفسر وقوع زلازل أكبر من المتوقَّعة، مثل واقعة توهوكو في عام 2011 في اليابان. وقد تَحْدُث دورات عظمى كذلك في مناطق لم يُعتقَد سابقًا أنها عرضة لخطر الزلازل، مثل ألاسكا، وجُزُر الأنتيل.
Nature Geosci. **http://dx.doi.org/10.1038/ngeo2427 (2015)**

اختيـــار المجتمــع

الأبحاث الأكثر قراءةً في العلوم

عندما تضلِّل الرسوم البيانية...

تَعَرَّضَ تحليل البيانات المُخادِع لانتقاد شديد في الأشهر القليلة الماضية (*Nature* http://doi.org/34p، 2015). والآن، يستهدف مقال في دورية "بلوس بيولوجي" *PLoS Biology* جزءًا أساسيًّا آخر من الإحصاءات. يبيِّن المقال أن الرسوم البيانية المستخدَمة لوصف سلسلة متصلة من البيانات غالبًا ما تكون غير مفيدة ومضلِّلة، وينبغي تطهير الكثير من المؤلَّفات العلمية منها. حظي الموقف بدعم واسع من المعلِّقين على وسائل الإعلام الاجتماعية. وقال تريفور بيدفورد ـ عالِم الفيروسات، ومتخصص علم الأحياء الحسابي في مركز فريد هاتشينسون لأبحاث السرطان في سياتل، واشنطن ـ في تغريدة له: "إن إخفاء نقاط بيانات فردية وراء رسوم بيانية يجعلها غير فعالة. لذا.. أَظْهِر البيانات!". وكتب توم أوتس ـ أخصائي الكلى في إدارة الرعاية الصحية بالكلية الملكية التابعة لهيئة الخدمات الصحية الوطنية NHS في لندن ـ في تغريدة له: "يجب أن يَطّلِع كل شخص في العالَم يمكنه الوصول إلى الأرقام وبرمجيات صنع الرسوم البيانية على هذا البحث".
PLoS Biol. **13, e1002128 (2015)**



استنادًا إلى بيانات موقع Altmetric.com، فإنّ موقع Altmetric تدعمه ماكميلان للعلوم والتعليم، التي تمتلك مجموعة "Nature" للنشر.

NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتَداوَلة.. انظر:
www.nature.com/oan4ag

الفيزياء

إعطاء نكهة للنيوترينوات

ثبت مؤخرًا أن النيوترينوات عالية السرعة ـ المكتشَفة بواسطة مرصد "آيس كيوب" IceCube في القطب الجنوبي ـ تأتي من مصادر كونية بعيدة، مثل النوى المَجَرِّيّة.
تأتي النيوترينوات ـ وهي جسيمات دون ذَرِّيّة ـ في ثلاث "نكهات": الإلكترون، والميون، والتاو، التي تتغير أثناء سفرها لمسافات طويلة. وأشارت بيانات "آيس كيوب" السابقة إلى اكتشاف عدد قليل من جسيمات الميون، أو التاو، منذ عام 2010، حتى 2012، مما يشير إلى مصدر محتمَل غير كوني، أو قوانين فيزيائية جديدة غريبة تؤثر على كيفية تذبذب النيوترينوات. وقد حدَّد جاري بيندر وزملاؤه ـ بجامعة كاليفورنيا في بيركلي ـ 137 نيوترينو عالي الطاقة في نطاق هذا التاريخ. استبعد الباحثون سيناريوهات أن يكون الجسيم إلكترونًا في الأساس، أو ميونًا، وخلصوا إلى أن نسبة النكهات متسقة مع النسبة 1:1:1. هذه هي النسبة المتوقَّعة من النيوترينوات المتذبذبة عبر مسافات طويلة، وتؤكد ـ من ناحية أخرى ـ أنها نشأت من أجرام فلكية بعيدة.
وقد بحث دراسة منفصلة، قام بها فرانشيسكو فيساني وزملاؤه ـ بمعهد جران ساسو للعلوم في لاكويلا، إيطاليا ـ نيوترينوات ذات طاقة أعلى، مكتشَفة بواسطة "آيس كيوب" (**في الصورة**)، واحد من أجهزة الاستشعار في الجليد)، وخلصت أيضًا إلى أنه من المرجح أن تكون هذه الجسيمات من مصادر كونيّة.
Phys. Rev. Lett. **114, 171102; 171101 (2015)**



ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأبحاث من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc

ثلاثون يومًا موجز الأخبار



NAVESH CHITRAKAR/REUTERS

موت ودمار في نيبال

حَلَّ دمار واسع في نيبال؛ أدَّى إلى سقوط الكثير من الضحايا، من جرّاء زلزال قوته 7.8 درجة، ضرب منطقة تقع على بُعْد 80 كيلومترًا فقط شمال غرب العاصمة كاتمندو في الخامس والعشرين من إبريل الماضي. وعندما ذهبت دورية *Nature* إلى موقع الحدث للتغطية؛ كانت قد بلغت حالات الوفيات المعلَنة 4,000 حالة، إلا أن هناك مخاوف من أن تتعدى الخسائر في الأرواح هذا الرقم بكثير. وقع الزلزال بمحاذاة أحد أكبر مناطق التصادم الجيولوجي في العالم، في جبال الهيمالايا. وتقول منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (اليونسكو) إنّ أبنية قديمة عديدة غير مدعومة ببناء حجري قد انهارت، كما تعرضت معابد ومواقع ثقافية تراثية للدمار، ومنها المواقع الموجودة في باكتابور (في الصورة).

منشآت

مصفوفة الكيلومتر

أعلنت المنظمة المسؤولة عن مشروع تليسكوب "مصفوفة الكيلومتر مربع" SKA في الثلاثين من إبريل الماضي عن اختيار مقرّه في مرصد "جودريل بانك" بالقرب من مانشستر بالمملكة المتحدة. وبمجرد الانتهاء من إنشاء التليسكوب خلال عشرينات القرن الحالي؛ سيصبح أكبر مرصد راديوي في العالم، حيث يتكون من شبكة قوامها مائة ألف قرن استشعار، موزَّعة بين أستراليا وجنوب أفريقيا، بهدف دراسة ظواهر بدايات الكون. وخلال اتخاذ المنظمة لقرارها، رفضت الموقع الذي رشّحته لجنة من الخبراء في شهر مارس الماضي، وهو مدينة بادوا بإيطاليا؛ ليكون مقرًّا لمشروع التليسكوب (انظر: //:http *Nature* doi.org/38h; 2015). وقد انتقدت إحدى افتتاحيات دورية *Nature* (الطبعة الدولية) تَرَدُّد المنظمة في الأخذ بنصيحة اللجنة (انظر: *Nature* **519**, 129; 2015).

شخصيات

فوز كيميائية شهيرة

انتقمت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة (EPA) ـ على نحو غير قانوني ـ من الكيميائية كيت جينكنز، بعد أن كَشَفَتْ عن فضيحة مخاطر التلوث في موقع مركز التجارة العالمي، عقب الهجمات الإرهابية في عام 2001، وفقًا لما صرحت به منظمة "موظفون حكوميون.. من أجل المسؤولية البيئية" ـ غير الهادفة إلى الربح ـ في الواحد والعشرين من إبريل الماضي. جاء البيان، بعد أن أصدر قاض بوزارة العمل الأمريكية حُكْمًا في مارس الماضي بأن الوكالة الأمريكية لحماية البيئة سعت متعمدة إلى حجْب معلومات بشأن الواقعة. أعادت الوكالة الأمريكية لحماية البيئة جينكنز إلى وظيفتها في شهر مايو من عام 2012، أي بعد مرور أكثر من عام على فصْلها، وذلك بعدما حَكَم مجلس استئناف بأن الوكالة الأمريكية لحماية البيئة لم توثِّق الواقعة على نحو جيد (انظر: .http://doi *Nature* org/34b; 2012).

أحداث

انتهاء مهمة مسبار

في واقعة تحطُّم مدهشة؛ بهدف إنهاء مهمة، اصطدم المسبار "ميسينجر" بكوكب عطارد في الثلاثين من إبريل الماضي، كما كان مخططًا له. فقد استنفد المسبار الوقود، واختفى في الجانب البعيد من الكوكب، كما بدا من الأرض. بدأ "ميسينجر" في الدوران حول عطارد في عام 2011، واستمرت المهمة لأكثر من المدة الزمنية المتوقَّعة لها، وهي عام واحد. كان من ضمن اكتشافات المسبار.. وجود جليد في قطبي كوكب عطارد، ووجود كميات كبيرة بشكل محير من العناصر المتطايرة، مثل الكبريت، والكلور. والمهمة القادمة إلى عطارد هي المهمة الأوروبية اليابانية المعروفة باسم "بيبيكولومبو" BepiColombo، وسوف تنطلق في عام 2017. للاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/eetga2.

سياسات

شفافية التجارب

أصدرت منظمة الصحة العالمية بيانًا في الرابع عشر من إبريل الماضي، تطالب فيه بزيادة التقارير المقدَّمة بشأن نتائج التجارب الإكلينيكية. طلبت الوكالة من الباحثين المحققين تسليم اكتشافاتهم الرئيسة إلى إحدى الدوريّات المحكَّمة علميًّا، وإدراج النتائج المهمة في سجلات التجارب الإكلينيكية خلال عام من إكمال الدراسة. كما حثت الباحثين على الإفصاح عن نتائج التجارب الإكلينيكية القديمة غير المسجَّلة. جاء البيان بعد جهود عديدة مماثلة، قامت بها وكالات أوروبية وأمريكية، وبعد حملة دولية قام بها باحثون في المجال الطبي (انظر: go.nature.com/p7slov و*Nature* **515**, 477; 2014).

جدل حول براءة اختراع

أدانت هيئات معنيّة بالصناعات الزراعية قرارًا أصدره مكتب براءات الاختراع الأوروبي (EPO) بإمكانية السماح ببراءات اختراع على المنتجات النباتية، مثل الفاكهة والبذور، حتى إذا تم إنتاج النبات بتقنيات تكاثر تقليدية، وغير قابلة للتسجيل. صرَّحت جمعية

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

البذور الأوروبية (ESA) في بروكسل في الواحد والثلاثين من مارس الماضي أن تلك الخطوة قد تقيد الوصول إلى عديد من المنتجات النباتية، وقد تثني البعض عن الابتكار في مجال تكاثر النباتات. جدير بالذكر أنه لا يمكن استئناف القرار الذي أصدرته هيئة الاستئناف الموسعة ـ التابعة لمكتب براءات الاختراع الأوروبي ـ في الخامس والعشرين من مارس الماضي.

تمويل

حاسوب الإكساسكيل

أعلنت وزارة الطاقة الأمريكية في التاسع من أبريل الماضي أنها ستنفق 200 مليون دولار أمريكي على الجيل الثاني من الكمبيوتر الفائق بمختبر أرجون الوطني في إلينوي. الجهاز الذي سيطلق عليه اسم "أورورا" Aurora يستخدم النظام الحوسبي إنتل عالي الأداء ومن المقرر أن يفتتح للبحث العلمي في عام 2018. المنحة هي الثالثة والأخيرة التي تمنحها وزارة الطاقة للدفع نحو تطوير حوسبة الإكساسكيل، ومن المتوقع تحقيق إنجاز مهم في هذا الشأن في أوائل عشرينات القرن الحالي. (انظر: *Nature* **515**, 324; 2014).

تليسكوب الـ30 مترًا

قال رئيس الوزراء الكندي ستيفن هاربر ـ في السادس من إبريل الماضي ـ إن كندا ستسهم بحوالي 240 مليون دولار كندي (193 مليون دولار أمريكي) لبناء تليسكوب الثلاثين مترًا، وذلك على مدار العقد القادم. هذا التصريح ينهي شهورًا من التفكير في دور كندا المستقبلي في التليسكوب العملاق، الذي سوف يتم بناؤه فوق جبل مونا كيا في هاواي، بتكلفة متوقَّعة تفوق المليار دولار أمريكي. سيتم توجيه نحو 150 مليون دولار كندي لبناء الهيكل المحيط؛ لاحتواء التليسكوب الهائل. هذا.. وكان المسؤولون عن المشروع قد توقَّعوا قيام كندا بالإعلان عن التزامها في العام الماضي (انظر: *Nature* **519**, 270-271; 2015).

شجرة معدلة وراثيًّا

اعتمد منظمون برازيليون في العاشر من أبريل الماضي الاستخدام التجاري للنوع المعدل وراثيا من شجر *Eucalyptus* الذي طورته الشركة المتخصصة في التكنولوجيا الحيوية "فيوتشورا جين" FuturaGene في ريهوفوت بإسرائيل. تم تعديل شجر *Eucalyptus* لينمو بشكل أسرع، ولينتج كمية أكبر من الخشب مقارنة بالأشجار العادية بنسبة 20% (انظر *Nature* **512**, 357; 2014). قالت الشركة إن استخدام النبات قد يسهم في إتاحة بعض أراضي الغابات الصناعية، حيث أن نحو 3.5 مليون هكتار مستغلة حاليا بمزارع *Eucalyptus* في البرازيل (في الصورة). القرار يمهد الطريق لأول انتشار تجاري واسع النطاق للأشجار المعدلة وراثيا في العالم.



LUIZ FERNANDO SOUZA FERNANDES/GETTY

أبحاث

لقاح الملاريا

إنّ اللقاح المرشَّح لمكافحة الملاريا المعروف باسم RTS,S/AS01، الذي استغرق تطويره حوالي ثلاثين عامًا، فشل في منع الوفيات في تجربة بها أكثر من 14 ألف طفل، ما بين حديث المشي ورضيع. وأظهرت النتائج المعلَنة في الرابع والعشرين من إبريل الماضي (RTS,S Clinical Trials Partnership *Lancet* http://doi.org/34; 2015) أن اللقاح خفَّض من نِسَب الإصابة بالملاريا غير المصحوبة بمضاعفات بحوالي 26% في الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 6 - 12 أسبوعًا، بعد تَلَقِّي جرعة منشطة، بينما انخفضت نسبة الإصابة بنسبة 18% فيمن لم يتلقُّوا الجرعة المنشطة، في حين انعدم تأثير اللقاح على الملاريا الشديدة. هذا.. ويقوم المنظِّمون حاليًّا ببحث إمكانية وكيفية استخدام هذا اللقاح.

اتجاهات التدخين

السجائر الإلكترونية هي الآن منتَج التبغ الأكثر استخدامًا بين طلاب المدارس بالمرحلة الثانوية في الولايات المتحدة. فقد أصدرت المراكز الأمريكية لمكافحة الأمراض والوقاية منها بيانات توضح فيها أن من ضمن نسبة إجمالية بلغت 24.6% في عام 2014 من الطلبة الذين يستخدمون منتجات التبغ جميعها، استخدم 13.4% السجائر الإلكترونية. وتزامَن الانخفاض في استخدام السيجارة التقليدية والسيجار مع ارتفاع استخدام السجائر الإلكترونية والنرجيلة. وصف ميتش زيلر ـ مدير مركز منتجات التبغ، التابع لإدارة الغذاء والدواء الأمريكية ـ الأرقام المذكورة آنفًا بالمدهشة، وأنها برَّرت محاولات الإدارة لتنظيم هذه المنتجات.

الطب الدقيق

في الرابع عشر من إبريل الماضي، أطلقت كاليفورنيا مبادرة للطب الدقيق في عموم الولاية، بتكلفة 3 مليون دولار أمريكي، لدراسة كيفية مزج البيانات الوراثية والاجتماعية الاقتصادية والبيئية والبيانات المتاحة عبر أجهزة المحمول، بالإضافة إلى أنواع أخرى من البيانات المتعلقة بالمريض؛ لتوجيه عملية تطوير الدواء، وضمان ممارسة طبية بجودة أعلى. ستستضيف جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو المبادرة التي يقودها أتول بوت، مدير معهد علوم الصحة الحاسوبية، التابع للجامعة. جاءت هذه الخطوة بعد المبادرة الأمريكية للطب الدقيق، المعلَن عنها في يناير الماضي، وهي مشروع قومي لتجميع بيانات مليون شخص. للاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/2zelzo.

مراقبة الاتجاهات

وفقًا لتقرير صدر عن جامعة الأمم المتحدة في بون بألمانيا في التاسع عشر من إبريل الماضي، فإن نسبة 60% تقريبًا من إجمالي 41.8 مليون طن من النفايات الإلكترونية والكهربائية، التي نتجت في عام 2014، كانت خليطًا من نفايات معدات المطابخ، ودورات المياه، ومعدات الغسيل (انظر: go.nature.com/hznxhn). كما تمثل أجهزة الكمبيوتر الشخصية ومنتجات تكنولوجيا المعلومات الصغيرة نسبة 7% من النفايات. وعلى المستوى العالمي، فإن متوسط النفايات الإلكترونية التي تَنْتُج عن الشخص الواحد يصل إلى 5.9 كيلوجرام، وهو رقم يتوقع كاتِبو التقرير أن يزيد إلى 6.7 كيلوجرام في عام 2018.

تقديرات النفايات الإلكترونية

جغرافيًّا.. أنتجت المنطقة الأوقيانوسية أقل كمية من النفايات الإلكترونية في العام الماضي، ولكن جاء إنتاج الفرد الواحد بها للنفايات الإلكترونية في المرتبة الثانية بعد أوروبا.

المنطقة	الكمية	لكل فرد
أفريقيا	1.9 مليون طن	(1.7 كجم للفرد الواحد)
الأمريكتان	11.7 مليون طن	(12.2 كجم للفرد الواحد)
آسيا	16.0 مليون طن	(3.7 كجم للفرد الواحد)
أوروبا	11.6 مليون طن	(15.6 كجم للفرد الواحد)
أوقيانوسيا	0.6 مليون طن	(15.2 كجم للفرد الواحد)

SOURCE: UNU-IAS

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأخبار من خلال التسجيل على: go.nature.com/hntmqc

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

nature INDEX

How does your institution perform?



Nature Index tracks outputs of high quality research of 8,000+ parent institutions and 20,000+ affiliated institutions.

Use the Nature Index to interrogate publication patterns and to benchmark research performance.



أخبــار في دائرة الضـوء

AMI VITALE/FAO

تُباع الماعز والأغنام باستمرار، مما قد يشكل تحديًا أمام جهود التطعيم لفيروس المجترات الصغيرة.

اجتثاث الأمراض

بدء سبــاق اجتثاث طاعون الحيوانات

حان الوقت للقضاء على المرض الفتاك، الذي يطارد أفقر المزارعين في العالم، وأصحاب الحيوانات المجترّة.

إوين كالاواي

قضت البشرية على مرض الجدري في عام 1980، وعلى فيروس الطاعون الذي يصيب الماشية في عام 2011. واليوم، نحن على وشك القضاء على فيروس شلل الأطفال، إذ سُجِّلت 21 حالة إصابة فقط حول العالم هذا العام. وحاليا بدأ مسؤولو الصحة الرسميون بجهود دحر مرض آخر، ما زال يفتك بالأغنام والماعز، ولا يُعرف عنه الكثير في البلدان الثرية، ولكنه يتسبب في خسائر اقتصادية لأفقر سكان العالم.

انطلقت حملة عالمية لاجتثاث فيروس الأغنام والماعز نهائيًّا بحلول عام 2030، إبان مؤتمر استضافته الأمم المتحدة في أبيدجان بساحل العاج بين 31 مارس والثاني من إبريل الماضي. يُعرف هذا الفيروس باسم « فيروس المجترات الصغيرة» PPR، وهو اختصار للاسم الفرنسي للفيروس «peste des petits ruminants». ويُعتبر القضاء على هذا الفيروس ممكنًا من الناحية التقنية، كما يَعتقِد خبراء صحة الحيوان، لكن لا يزال الأمر غامضًا فيما يتعلق بالجهات والمنظمات التي ستتولى هذه القضية، ومن أين ستُجنَّد مليارات الدولارات المطلوبة لتمويلها.

يقول جيفري مارينر، مختص علم الأوبئة في كلية الطب البيطري بجامعة تافتس، نورث جرافتون بماساتشوستس، الذي حضر الاجتماع سالف الذكر: «هذا تمرين في كيفية إقناع المجتمع العالمي والمانحين بأنّ هذا العمل ممكن التنفيذ، ولا بد من إنجازه».

يرتبط فيروس المجترات الصغيرة بأمراض الحصبة وطاعون الماشية، التي هددت في السابق مصالح مربِّي قطعان الماشية الاقتصادية، خاصة في أفريقيا. كما يتسم بأنه فيروس شديد العدوى، ويفتك بنسبة 30 ـ 70% من الحيوانات المصابة، وتظهر أعراضه في شكل حُمَّى ◄

شديدة وإسهال وإصابات جلدية بالفم. ويعتبر الفيروس متوطنًا على امتداد شمالي ووسط وغرب أفريقيا وجنوب آسيا، ومؤخرًا بدأ ينتشر أيضًا في الصين وتركيا. تقدِّر الأمم المتحدة الخسارة الاقتصادية التي تتسبب فيها فيروس المجترات الصغيرة بين 1.5 و2.1 مليار دولار أمريكي كل عام، كعبء يقع على عاتق أفقر سكان الأرض، ممن يعتمدون على الأغنام والماعز كغذاء ومصدر للدخل (انظر: «عبء الفيروس القاتل»). ويقول برنارد فالات، المدير العام للمنظمة العالمية لصحة الحيوان (OIE) في باريس، الذي استضاف المؤتمر سابق الذكر: «الماعز والأغنام هي أنعام الفقراء، وهي البنك الذي يمتلكونه».

يقول مايكل بارون، باحث علم الفيروسات في معهد بيربرايت، ووكنيج، المملكة المتحدة: «قال لي أحدهم في كينيا: «إذا نفقت الماعز؛ لا يذهب الأولاد إلى المدرسة»». كما أن تربية الأغنام والماعز تساعد الكثير من النساء في دول العالم النامي لتحقيق اكتفائهن الذاتي. تتوفر في هذا الفيروس الكثير من المواصفات الملائمة لإطلاق حملة لإخماده، إذ يتوفر لقاح فعال مضاد للفيروس منذ عقود، وقد طوَّر العلماء تركيبة تبقى فعالة لأسابيع، دون الحاجة إلى حفظها مبردة. وتتوفر أدوات تشخيصية دقيقة، بما فيها تلك التي بالإمكان استخدامها داخل حظائر الماشية. كما لا يبدو أن في البرية مستودعًا، بحيث يتسنى للفيروس العودة من خلاله، بعد أن يتم اجتثاثه من الأسراب والقطعان الداجنة. ويقول كريستوفر أورا، الباحث في علم الفيروسات البيطرية بجامعة وست إنديز في سانت أجستين بترنيداد، الذي يدرس فيروس المجترات الصغيرة: «القضاء على هذا الفيروس أمر سهل»، ويضيف: «والأدوات المطلوبة لتحقيق ذلك متوفرة».

قَدَّرَت دراسة تحليلية للتكلفة مقابل المنفعة، أجراها مارينر وزملاؤه، أن القضاء على الفيروس سيوفر ما يُقَدَّر بأكثر من 42 مليار دولار في فترة زمنية قدرها مئة عام. إن النجاح الذي أُحرز مؤخرًا في حملة القضاء على طاعون الماشية يعطي الكثير من الأمل أيضًا بإمكانية القضاء نهائيًّا على هذا المرض. ويقول بارون: «قبل أن ينسى الجميع هذه المسألة، ينبغي حشد باقي سكان العالم؛ لتحقيق هذا الهدف».

عبء الفيروس القاتل

لا تقتصر تكلفة فيروس المجترّات الصغيرة PPR الاقتصادية على ضياع الإنتاج ونفوق الحيوانات الحية، بل تتعدى ذلك لتشمل تكاليف رعاية الأغنام والماعز وتطعيمها.

يفرض فيروس المجترات الصغيرة تحديات مشتقة من كنهه، إذ تتمحور استراتيجية الحملة حول بذل جهود متعددة، وتنسيق حملات التطعيم، إلا أنها مسألة معقدة؛ ويرجع ذلك إلى أن عدد رؤوس الأغنام والماعز يفوق بكثير عدد الأبقار، في معظم دول العالم النامي، كما أنها لا تمكث لدى مالكيها إلا لبعض الوقت، قبل بيعها أو ذبحها. وفضلًا عن ذلك.. ستحاول الحملة استهداف المناطق بشكل منظم، حيث ينتشر الفيروس، إلا أن خدمات البيطرة ضعيفة في كثير من المناطق.

سيصبح تأسيس بنية تحتية لخدمات البيطرة في هذه المناطق أحد التأثيرات الإيجابية للحملة، وهو ما سيتعدى أثره القضاء على فيروس المجترات الصغيرة، من خلال الإسهام في محاربة أمراض صغيرة أخرى تصيب المجترات، منها على سبيل المثال: جدري الغنم والماعز. ويقول بارون: «لا بد أن تكون لذلك تأثيرات حاسمة على حياة الفقراء».

لا تزال هناك حاجة إلى بحث الكيفية التي سيجري بها تنسيق الجهود لاجتثاث الفيروس. وتبحث كل من منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة (FAO) التي شاركت في تنظيم اجتماع أبيدجان، ومنظمة صحة الحيوان، لدى حكومات الدول الغربية والمنظمات غير الحكومية والجمعيات الخيرية إمكانية تجنيد معظم تكلفة حملة اجتثاث الفيروس التي تُقدَّر ما بين 7.6 و9.1 مليار دولار. يقول صامويل ثيفاسجيام، نائب مدير مبادرة رعاية الماشية في مؤسسة «بيل وميلندا جيتس»، من سياتل بواشنطن الأمريكية، الذي أسهم بأموال لجهود تطوير لقاح فيروس المجترات الصغيرة في الماضي، بأن المنظمة تبحث ما إذا كانت ستدعم الحملة، أم لا. ويعقّب مارينر: «هذا التزام ضخم، ولذا.. يفكر المانحون بحذر». ويأمل بأن تكون تركيبة الإدارة التي ستنبثق عن هذا الجهد فطنة ومنفتحة لأفكار وأساليب جديدة. ويضيف قائلًا: «في حالة فيروس المجترات الصغيرة، سيتعين علينا الاستمرار في الابتكار». ■

SOURCE: OIE/FAO

بحث طبي

مؤسسـات الفحـص الجـيني تحـدِّد معـالم تطـوُّر العقـاقـير

تتنافس الشركات في تجميع عدد كبير من بيانات الحمض النووي، في محاولة لإيجاد علاجات على أسس وراثية.

إريكا تشيك هايدن

أحْيَت التحركات الحالية للمنظمات الأمريكية طموحات الشركات التي توفر خدمات الفحص الجيني للعملاء، فقد منحتها أملاً في وجود قيمة تجارية وعلمية لقواعد البيانات الوراثية الضخمة، التي قد ينتج عنها فحوص تشخيصية أو عقاقير.

وفي شهر فبراير الماضي، سمحت منظمة الغذاء والدواء الأمريكية لشركة «23 آند مي» 23andMe في ماونتن فيو بكاليفورنيا ـ التي قدمت خدمات الفحص الجيني للمستهلكين لعقد من الزمان تقريبًا ـ أن تبدأ في تسويق فحص للطفرات المسبِّبة لمرض نادر يُدعى «متلازمة بلوم». وهذه هي المرة الأولى التي توافق فيها المنظمة على تسويق فحص جيني للجمهور، وليس للأطباء. وتراهن الشركات أنها لن تكون المرة الأخيرة. يتوقع الكثيرون أن تتوسع منظمة الغذاء والدواء الأمريكية في إجازة المزيد من الفحوص الجينية، التي تزودنا بمختلف المعلومات الطبية. ويُعتبر القرار الصادر في شهر فبراير الماضي «خطوة هائلة في هذا المجال»، على حد تعبير كين شاهين، نائب رئيس شركة «أنسيستري» Ancestry.com، الواقعة في مدينة بروفو بولاية يوتا، التي تقدم خدمة الفحوص الجينية للجمهور. كما أضاف: «ستبدأ في رؤية آخرين ينضمون إلى هذا المجال، لأن الجميع يرون قيمته».

يُعتبر AncestryDNA قسمًا فرعيًّا من موقع شركة «أنسيستري» المختص في علم الأنساب، وهو أحد تلك المواقع الحديثة في هذا المجال. وقد جمعت الشركة حتى الآن بيانات الحمض النووي من 850 ألف عميل، وتستخدم الشركة هذه البيانات في مساعدة الناس في إيجاد أقاربهم من بين أعضاء شبكتها الاجتماعية المتمركزة على الأنساب. كما يدرس القائمون على الموقع أيضًا فكرة جمع التاريخ المرضي للعملاء، مما يمكِّنهم من تقديم معلومات طبية مفيدة لهم، بالإضافة إلى تشخيص الأصول الوراثية للأمراض.

لقد قطعت شركة «23 آند مي» مسافة كبيرة في هذا المجال، وجذبت اهتمام مؤسسات الرعاية الصحية بالفعل، حيث وقّعت صفقة في يناير الماضي، قيمتها 60 مليون دولار أمريكي، مع شركة «جينينتيك» للتكنولوجيا الحيوية بكاليفورنيا، التي ستستخدم البيانات الوراثية لشركة «23 آند مي»؛ من أجل تطوير الأساليب العلاجية. ولقد عيّنت شركة «23 آند مي» المتخصصة في الجينومات الشخصية المدير التنفيذي السابق لشركة «جينينتيك» ريتشارد شيلر، لقيادة الجهود الداخلية للشركة في تطوير العقاقير. وعلى منوال شركة «أنسيستري» نفسه، أتاحت شركة «23 آند مي» على موقعها شبكة اجتماعية تشجع عملاءها على التواصل مع الشركة، ومع بعضهم البعض. لا تُعتبر الشركات التجارية هي المجموعة الوحيدة التي تحاول إشراك أكبر عدد ممكن من العملاء، من أجل

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الدراسات الوراثية التي تقوم بها، ولا الوحيدة التي تستغل شبكات التواصل الاجتماعي لهذا الغرض. فعلى سبيل المثال.. يستهدف موقع دراسة البحوث الطبية «جينز فور جود» Genes for Good ـ الذي أُطلق يوم 31 مارس الماضي ـ مشاركين عبر موقع «فيسبوك». ويستطيع مستخدمو الشبكة الاجتماعية تحميل تطبيق يحمل اسم الموقع، حيث يقوم بإرشادهم لجمع معلومات صحية أساسية عنهم من خلال سلسلة من الاستبيانات الصحية، مثل: الطول، والوزن، وما إذا كان الشخص مدخنًا، أم لا.. إلخ. ويمكن للمستخدم الذي ينتهي من الإجابة على 15 استبيانًا أن يحصل على «أنبوبة عينة لُعاب»؛ من أجل تحليل تتابع الحمض النووي. ويتم تشجيع المشاركين على الاستمرار في تزويد الموقع بالمعلومات الصحية بعد ذلك.

يقول جونزالو أبيكاسيس، عالم الوراثة الإحصائية بجامعة متشجان في آن أربور، الذي يقود البحث: «إننا نرغب في فعل شيء غير تقليدي، بهدف اجتذاب أعداد كبيرة من الناس؛ وإشراكهم في البحوث المجراة».

نمو قاعدة البيانات

على نسق نموذج شركة «23 آند مي»، سوف يعيد المشروع المعلومات الوراثية للمستخدم، مثل إمداده بملحوظات مفيدة حول الأصول الوراثية المستنبطة من بياناته. ويأمل المشروع كذلك في مشاركة المعلومات التي يجمعها مع العلماء الآخرين، أو حتى مع الشركات التي تطور علاجات جديدة، بعد إخفاء المعلومات الشخصية مثل الأسماء والعناوين.

وحتى الآن، وصلت شركة «جينز فور جود» إلى حوالي 4200 مشارك محتمل من الـ20,000 الذين تحتاجهم. وقد أرسل مئات المشاركين عينات اللعاب الخاصة بهم بالفعل. ويُعتبر هذا الرقم صغير نسبيًّا، مقارنةً بكمية المعلومات الوراثية المتاحة على قواعد البيانات الخاصة. وقد تسببت المشروعات الحكومية السابقة في تضاؤل الكَمّ الجديد من المعلومات، مثل ذلك المشروع الذي أجرته وزارة الصحة البريطانية، في محاولة لتتبُّع الجينوم لحوالي 100 ألف مريض. ويمكن لجهود شركة «جينز فور جود» ـ نظريًّا ـ أن تتنافس بمشاركيها مع المشروعات التجارية، مثل «أنسيستري» و«23 آند مي»، اللتين تطلبان من العملاء الدفع مقابل النوع نفسه من الفحوص، بينما ستعرضها هي مجانًا. ومن غير الواضح حاليًّا ما إذا كان هذا سيؤثر على قدرة تلك الشركات على اجتذاب عملاء وتوسعة قاعدة بياناتها، أم لا، نظرًا إلى أسبقيتهم المهمة في المجال.

«إنهم أذكياء، لربط بحثهم ببرنامج يملك شبكة تسويقية من الناس، أكبر بكثير مما اعتدنا رؤيته في الدراسات البحثية».

تستفيد شركة «جينز فور جود» من قوة تأثير صفحتها على موقع «فيسبوك» بأعضائها النشطين شهريًّا، البالغ عددهم 1.44 مليار. ونظرًا إلى هذه الإمكانيات، فهذا المشروع يستطيع أن يصبح أكثر ضخامة من أي دراسة وراثية سابقة، على حد قول ميتشيل ماير، المتخصصة في أخلاقيات علم الأحياء، والباحثة القانونية في مدرسة إتشان للطب في ماونت سايناي في نيويورك. وتضيف قائلة: «إنهم أذكياء، لربط بحثهم ببرنامج يملك شبكة تسويقية من الناس، أكبر بكثير مما اعتدنا رؤيته في الدراسات البحثية». ■



NAT. HIST. MUS., LONDON/SPL

تطور الماموث الصوفي من سَلَفه المشترك مع الفيل لمقاومة البرد (من منظور الرسّام).

علم وراثة الأحياء القديمة

جينوم الماموث يحتوي على وصفة لمساعدة فيلة القطب الشمالي

مقارنة الاختلافات الوراثية تكشف كيف تَحَدَّت عمالقةُ العصر الجليدي البرد.

إوين كالاواي

تُعَدّ حيوانات الماموث الصوفي من المخلوقات المتكيفة مع البرد، عكس أبناء عمومتها من الفيلة، فهي مغطاة بشعر طويل يشبه المعطف، وطبقات سميكة من الدهون، بالإضافة إلى آذان صغيرة، تضمن جميعها أدنى مستوى للفقد الحراري. والآن، للمرة الأولى، يُجْرِي العلماء فهرسة شاملة لمئات التغيرات الجينية التي أدّت إلى نشوء هذه الاختلافات .

تكشف الأبحاث كيف تطوَّر الماموث الصوفي *Mammuthus primigenius* من سلف مشترك بينه وبين الفيلة الآسيوية (*Elephas maximus*؛ انظر: «تشعُّب الماموث»). وقد يتضمن هذا الاكتشاف طريقة يمكن بها تطوير فيلة قادرة على الحياة في سيبيريا باستخدام الهندسة الوراثية. تقول بيث شابيرو، وهي عالمة الوراثة التطورية في جامعة كاليفورنيا، سانتا كروز، التي لم تشارك في هذه البحوث الحديثة: «هذه هي الجينات التي سنحتاج إلى تعديلها في جينوم الفيل؛ لاستيلاد حيوان أقرب ما يمكن إلى الفيل، وبرغم ذلك.. قادر على البقاء حيًّا في الأماكن الباردة». وعلى الرغم من أن الفكرة تبدو خيالية، إلا أن هذا البحث لا يزال في مراحله المبكرة في مختبر الأبحاث في بوسطن، ماساتشوستس.

تم نشر جينوم الماموث الصوفي[1] لأول مرة في عام 2008، لكنه احتوى على أخطاء كثيرة أدّت إلى صعوبة تحديد مواضع الاختلاف عن جينوم الفيل بدقة، إلا أن دراسات أخرى أشارت إلى اختلافات معينة في جينات الماموث، ربما تكون قد أدّت إلى تكوين معاطف من الشعر[2] ذات ألوان فاتحة؛ لتغطي جلودهم، وتكوين بروتينات الهيموجلوبين الحاملة للأكسجين، التي تعمل في البرد[3].

أجرى فريق علمي بقيادة فنسنت لينش، عالم الوراثة التطورية في جامعة شيكاغو في ولاية إيلينوي، آخِر دراسة علمية حديثة، بوصف تحليل تسلسل الجينوم الذي أجروه لثلاثة فيلة آسيوية، واثنين من حيوانات الماموث الصوفي (توفي أحدهم قبل 20 ألف سنة، والآخر قبل 60 ألف سنة). ووجد الباحثون أن ما يقرب من 1.4 مليون وحدة من وحدات الحمض النووي متغيرة بين الماموث والفيلة، حيث غيَّرت هذه الوحدات تَتابُع أكثر من 1,600 من جينات شفرة البروتينات. تم نشر الدراسة[4] على موقع bioRxiv.org في 23 إبريل الماضي.

وقد أدّى البحث عن وظيفة تلك البروتينات في الكائنات الحية الأخرى إلى اكتشاف جينات، قد تكون ذات صلة بالتكيف والحياة في القطب الشمالي. ودلَّت الدراسات على أن العديد منها يشارك في ضبط الساعة البيولوجية اليومية، وهو ما قد يسهم في التكيف مع الحياة في عالَم مظلم شتاءً، ومعرَّض للشمس لمدة 24 ساعة يوميًّا صيفًا. تتضمن جينومات الماموث أيضًا نُسَخًا إضافية من الجين الذي يتحكم في إنتاج الخلايا الدهنية، كما أن بعض الجينات التي تختلف بين الفيلة والماموث تشارك في الاستشعار الحراري، وتنقل معلوماته إلى الدماغ.

استطاع الفريق «إعادة إحياء» نسخة جين الاستشعار الحراري المطابِقة للنسخة الموجودة في الماموث، وهو الجين الذي يشفر بروتينًا جلديًّا يُسَمَّى TRPV3، وينظم نمو الشعر. وقد تم ذلك من خلال إدخال السلسلة الجينية المشفرة في خلايا بشرية في المختبر، ثم أُنتجت هذه الخلايا بدورها البروتين. ومن خلال تعريض جين الاستشعار الحراري للماموث TRPV3 لدرجات حرارة مختلفة، تَبَيَّن ◄

تشعُّب الماموث

ينحدر كل من الماموث الصوفي والفيلة من سَلَف مشترك.

الفيل الأفريقي

الفيل الآسيوي

الماموث الصوفي

0 5 10

ملايين السنين الماضية

SOURCE: ADAPTED FROM REF. 4

أنه أقل استجابة للحرارة من نسخة جين الاستشعار الحراري الموجود في الفيلة. يقول لينش إن الخطوة التالية ستتضمن إدخال الجين نفسه إلى خلايا الفيل التي تمت برمجتها لتتصرف كخلايا جنينيّة، وبالتالي يستطيع تحويلها إلى أنواع مختلفة من الخلايا التي يمكن استخدامها لدراسة كيفية عمل بروتينات الماموث في الأنسجة المختلفة. كما يعتزم فريق لينش استخدام هذه الطريقة؛ لاختبار آثار جينات أخرى للماموث .

مهمة الماموث

يَجري حاليًا عملٌ مماثل في مختبر جورج تشرش، عالِم الوراثة في كلية الطب بجامعة هارفارد في بوسطن، حيث يَدَّعي أعضاء فريق العمل أنهم نجحوا في تخليق خلايا فيل تحتوي على 14 جينًا من الجينات المسؤولة عن التكيف مع البرودة، وهذا باستخدام تقنية جديدة تسمح بتعديل الجينات، اسمها (كريسبر/كاس9).

يقول تشرش إن هذا العمل يُعتبر مقدمة للتعديل المستقبلي لكل جينات الفيل التي تميزه عن جينات الماموث الصوفي، وربما نتمكن في يوم من الأيام من إعادة إحياء الماموث الصوفي، أو ـ على الأقل ـ إعطاء الفيل الآسيوي جينات الماموث الكافية، التي تساعده على البقاء على قيد الحياة في منطقة القطب الشمالي، والتكيف مع برودتها. بالإضافة إلى ذلك.. تم اقتراح محمية في شمال سيبيريا، يُطلَق عليها اسم حديقة العصر الجليدي، لتكون وطنًا لمثل هذه الفيلة المقاوِمة للبرد.

هذا.. وليس واضحًا ما إذا كان ما سبق ممكنًا فعليًّا، أم لا، لكن بإمكان مشروع جريء كهذا السماح للفيل الآسيوي المهدَّد بالانقراض أن يتكاثر، مع وجود عقبات لا حصر لها تقف في طريق تزاوُج «الفيلة الصوفية» المعدَّلة وراثيًّا. ذكرت شابيرو هذه النقطة في كتابها «كيف تستنسخ ماموثًا» (مطبعة جامعة برينستون، 2015)، وحددت أخلاقيات استخدام التقنيات التكاثرية للأنواع المهدَّدة بالانقراض، منوهةً إلى أن مجال التكاثر الحيوي للفيلة ما زال مجالاً بكرًا. تقول شابيرو «ربما كان ينبغي أن أسمِّي الكتاب «كيف يمكن للمرء أن يستنسخ ماموثًا؟ (وهل من الضروري أن يكون ذلك ممكنًا عمليًّا؟ وهل هي فكرة جيدة أصلًا؟ وإنْ كانت في الأغلب سيئة)»، ولكنّ عنوانًا كهذا لن يكون مقنعًا. ■

1. Miller, W. *et al.* *Nature* **456**, 387–390 (2008).
2. Römpler, H. *et al.* *Science* **313**, 62 (2006).
3. Campbell, K. L. *et al.* *Nature Genet.* **42**, 536–540 (2010).
4. Lynch, V. *et al.* Preprint at bioRxiv http://dx.doi.org/10.1101/018366 (2015).



SVEN TORFINN

سوف يرأس توم كاريوكي منصة للبحث العلمي الأفريقي، مزمّع تدشينها في هذا الشهر.

دول نامية

أفريقيا تتطلّع إلى استقلال البحث العلمي

محور إقليمي يعتزم إدارة المِنَح الدولية، وتطوير استراتيجية للبحث العلمي.

ليندا نوردلينج

يترقب علماء أفريقيون أن يحظوا بمزيد من النفوذ والسيطرة على حركة البحث العلمي في بلدانهم، إنْ أفلحت الخطة الطموحة في إنشاء محور إقليمي يكون مسؤولًا عن إعطاء المِنَح، وتطوير القدرة البحثية.

ثمة ثلاثة كيانات دولية توفر حاليًّا تمويلًا يقترب من 4.5 ملايين دولار أمريكي؛ لإنشاء «تحالف النهوض بالعلوم في قارة أفريقيا» (AESA). كما يأمل «وِيلْكَم تراست» ـ وهو صندوق خيري طبي حيوي مقره لندن ـ في نقل إدارة ملايين الدولارات من أرصدته للأبحاث إلى التحالف، بالإضافة إلى داعمين آخرين للتحالف، وهما إدارة المملكة المتحدة للتنمية الدولية، ومؤسسة بيل وميليندا جيتس في سياتل، بواشنطن. والهدف النهائي هو أن يصبح التحالف منصة لإدارة برامج البحوث العلمية، التي تركز على شؤون أفريقيا، ومجمعًا بحثيًّا لإدارة العلوم في القارة.

«يمكن للعلم أن يغيِّر شكل أفريقيا، لكن لبلوغ هذا الهدف، يجب علينا تدريب أعداد مؤثرة من علماء ممتازين بشتى أرجاء أفريقيا. وهذه هي مهمة التحالف»، هكذا صرَّح توم كاريوكي، عالِم المناعة الكيني الذي عُيِّن مديرًا للتحالف في مارس الماضي. وسيعمل التحالف المزمع تدشينه في يونيو، من مقر الأكاديمية الأفريقية للعلوم في نيروبي.

تحكُّم عن بُعد

تأخرت القدرة العلمية الأفريقية ومخرجاتها البحثية على مدار عقود عن نظيراتها في باقي العالم، لكنها تنطلق الآن في شتى المجالات. وقد ظهر تأثيرها الواضح في مجالات الصحة والزراعة، وفي عدة دول، من بينها أوغندا، وكينيا، وغانا، ونيجيريا (انظر: 2011 ;*Nature* **474**, 556–559).

وكانت من ضمن العقبات التي واجهتها هي أن جزءًا كبيرًا من تمويل البحث العلمي يأتي من الخارج، حيث يقرر الممولون أين وكيف تُنْفَق المنح.

يرى كاريوكي أنه «لا يزال الكثير من الأبحاث التي تُجرى بأفريقيا يمولها غالبًا ممولون من أوروبا الغربية والولايات المتحدة، وتُدار برامج هذه الأبحاث من المقرات الرئيسة للممولين بعواصمهم الغربية»، (انظر: «تمويل من الخارج»). ويحد ذلك من تأثير هذه الأبحاث، لأنه يوافق أولويات تم وضعها خارج أفريقيا. فهناك مثلاً نقص في التمويل الموجه لدراسة الأمراض الاستوائية المُهملَة، كما أن تمويل أبحاث فيروس نقص المناعة البشرية لا يوجه دوما إلى البلدان الأكثر احتياجًا له، وفوق ذلك يصارع الباحثون الأفريقيون للمحافظة على تماسك الفريق واستمراره بعد توقف التمويل الخارجي.

يتعجب كيفين مارش، أخصائي الوبائيات الإكلينيكية بجامعة أكسفورد، في المملكة المتحدة، والمستشار رفيع المستوى لدى مبادرة التحالف، مصرحًا بأنه «من الغريب أن توضع جداول الأعمال، وتؤخذ قرارات التمويل للأبحاث في أفريقيا لمدة 40 عامًا من لندن وسياتل، وجنيف وغيرهم».

وبدلًا من ذلك.. سوف يوجه التحالف دعوة إلى الممولين داخل القارة وخارجها؛ من أجل تفويضه في إدارة برامج المنح وعمليات مراجعة الأقران. بيت القصيد هو انتقال مركز الثقل بالنسبة لقرارات التمويل الأفريقي إلى القارة، كما يقول سايمون كاي، رئيس العمليات الدولية في صندوق «وِيلْكَم تراست»، ويضيف أن التحالف يهدف إلى خلق المزيد من إقبال الحكومات الأفريقية على تمويل الأبحاث الجارية.

إدارة الأموال

كبداية، يَدرس صندوق «وِيلْكَم تراست» تسليم قيادة مبادرته لتنمية الامتياز في القيادة والتدريب والعلوم، المرصود لها

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

40 مليون جنيه إسترليني (60 مليون دولار أمريكي) إلى التحالف في وقت لاحق من هذا العام. وهذا البرنامج، الذي أُطلق في سبتمبر الماضي، يهدف إلى بناء القدرات البحثية وتدريب القادة الذين يمكنهم قيادة أجندات إقليمية، من خلال تقديم المنح التنافسية، في مجال البحوث الصحية مبدئيًّا. سوف يتنازل الصندوق الخيري عن سيطرته، إذا تأكد أن نيروبي قادرة على إدارة البرنامج بمعاييرها الخاصة. ولذا.. سوف يخضع طاقم التحالف لتدريب يمتد لمدة سنة.

يعلِّق مارش على تحمُّس المموِّلين لتسليم البرامج إلى التحالف، قائلًا: «لنقل أننا سنبدأ بأربعين مليون جنيه إسترليني. سأكون محبطًا إنْ لم نضاعفهم في غضون سنة على الأقل. وعلى المدى البعيد، ينبغي أن نصل إلى مئات الملايين».

يتفق العلماء الأفريقيون على أنه لا يكفي أن يأتي التمويل من المانحين الدوليين فحسب، وهو ما يؤكد عليه سالم عبد الكريم، اختصاصي الوبائيات الإكلينيكية، ومدير مركز برنامج أبحاث فيروس نقص المناعة البشرية بجنوب أفريقيا، الذي يتخذ من مدينة ديربان مقرًّا له، قائلًا: «هذه مبادرة عظيمة، لكنها ستظل وليدةً، ما لم تستثمر بها الحكومات الأفريقية». والأمل قائم في أن يكون التحالف جذابًا بالشكل الكافي، لكونه يوفر للحكومات وسيلة لتقديم المِنَح العلمية على أساس الجدارة، دون الحاجة إلى تدريب مديري المنح لديهم، ودون تهيئة مموِّلي الأبحاث في بلدانهم نفسها.

هذا.. وقد حاول الاتحاد الأوروبي من قبل إنشاء شراكة مماثلة على نطاق أصغر في الفترة من عام 2011 إلى 2013، حيث قدم للاتحاد الأفريقي في أديس أبابا 14 مليون يورو (15 مليون دولار أمريكي) لإدارة منحة تدعو للتنافس في مجالات بحثية تشمل الزراعة، والمياه، والصرف الصحي، لكن للأسف لم تدعم الحكومات الأفريقية هذا الجهد، ولو بإنفاق القليل.

لم يُؤَمِّن تحالف النهوض بالعلوم في قارة أفريقيا أي تمويل أفريقي من حكومة وطنية حتى الآن، لكنه سوف يتلقَّى نصف مليون دولار مقابل إعداداته من «المشارَكة الجديدة من أجل تنمية أفريقيا»، وهو كيان قارِّي لصناعة السياسات وتنفيذها، يقع في بريتوريا. يقول كاريوكي إن التحالف يسعى أيضًا بكل قوته لتكوين قوة ضاغطة على الحكومات الأفريقية؛ لتقوم بدعم الأبحاث في بلدانها. ■

FRANK WOJCIECHOWSKI

تمويل من الخارج

تعتمد دول أفريقية عديدة على المنح والهبات المالية الأجنبية (غالبًا من مؤسسات خارجية) لتمويل أبحاثها العلمية.

الدولة	نسبة التمويل الأجنبي من أجل البحث العلمي والتنمية (%)*
موزمبيق	78.1
بوركينا فاسو	59.6
أوغندا	57.3
كينيا	47.1
السنغال	40.5
غانا	31.2
إثيوبيا	30
جنوب أفريقيا	12.1
توجو	11.7
مالاوي	6.2
زيمبابوي	2.9

*عام 2010، أو آخر سنة متاحة

SOURCE: NEPAD

يتضح التطور المتزايد في تقنية الطباعة ثلاثية الأبعاد من خلال هذه الأذن التى تشترك في تكوينها قِطَع بيولوجية وأخرى إلكترونية.

علْم المواد

طبـــاعة الأعضـــاء البشـــرية أصبحـــت حقيقـــة

يناقش مؤتمر علمي الطباعة ثلاثية الأبعاد، المُعَدَّة حسب الطلب للأعضاء البشرية والعظام، التي تُستخدَم فيها الخلايا الحية كأحبار.

هايدي ليدفورد

أدَّى ظهور الطابعة ثلاثية الأبعاد إلى تضاعف الاهتمام بالأعضاء الاصطناعية، التي من المفترَض أن تُستبدَل مكان ـ أو تحسِّن عمل ـ الأعضاء البشرية. طُرِح موضوع الأعضاء المطبوعة ـ على غرار النموذج الأولي للأذن الخارجية، الذي طوّره باحثون في جامعة برينستون في نيوجيرسي وجامعة جون هوبكينز في بالتيمور، ميريلاند ـ على جدول أعمال مؤتمر «عن الطباعة ثلاثية الأبعاد»، عُقد في مدينة نيويورك، ما بين 15-17 إبريل الماضي.

وقد تمت طباعة هذه الأذن باستخدام عدد من المواد: الهيدروجل؛ لتكوين الهيكل الخارجي للأذن، وخلايا حية قابلة للنمو؛ لتكوين الغضروف، وجسيمات فضة نانوية؛ لتشكيل هوائي يستقبل الصوت (M. S. Mannoor *et al*. *Nano Lett*. **13**, 2634-2639; 2013). ولا تمثل هذه الأذن سوى أحد الأمثلة العديدة للتوسع الكبير في استخدامات الطباعة ثلاثية الأبعاد.

وقد عُرض في اجتماع نيويورك ـ الذي يُعتبَر الحدث الأكبر بهذه الصناعة ـ عديد من الأدوات والمبتكرات، كما تضمن مناقشات جادة بخصوص الأسواق الناشئة المختصة بطباعة أجزاء الجسم البشري.

تركز هذه الصناعة حاليًّا على استخدام التيتانيوم في عمليات استبدال مفاصل الحوض، المصمَّمة لتناسب كل شخص على حدة، وأيضًا في صناعة عظام البوليمرات التي تنتج حسب الطلب، عادةً لترميم الجماجم والأصابع. جلبت صناعة الأعضاء التعويضية المطبوعة 537 مليون دولار في العام الماضي، بزيادة حوالي 30% عن العام السابق، على حد قول تيري فولرز، رئيس شركة فولزر وشركاه، وهي شركة استشارات أعمال في فورت كولينز، كولورادو، متخصصة في الطباعة ثلاثية الأبعاد.

يستشرف العلماء تقنيات ثورية سوف تُستخدم فيها الخلايا الحية كأحبار يتم تجميعها في طبقات؛ لعمل أنسجة بدائية، كما تقول جنيفر لويس، وهي مهندسة بيولوجية في جامعة هارفارد، كمبريدج، بولاية ماساشوستش. وتقوم شركة الطباعة الحيوية «أورجانوفو» Organovo، سان دييجو، بولاية كاليفورنيا ببيع هذه الأنسجة بالفعل للباحثين الذين يستهدفون اختبار سُمِّيَّة العقاقير في خلايا الكبد. وستكون الخطوة القادمة للشركة هي توفير شرائح من أنسجة مطبوعة لإصلاح الكبد البشري، كما يقول كيث ميرفي المدير التنفيذي للشركة. تتردد جينيفر لويس في التصريح بأن الطباعة ثلاثية الأبعاد ستسفر عن أعضاء كاملة؛ لتعويض النقص في الكلى والأكباد المتاحة لعمليات الزرع، قائلة: «كنت أحب أن يكون هذا الأمر حقيقيًّا، لكنّ بِنَى هذه الأعضاء شديدة التعقيد». ■

NATURE.COM
لمشاهدة المزيد من الأعضاء المطبوعة، انظر الرابط:
go.nature.com/qsy61w

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

LINDA DAVIDSON/THE WASHINGTON POST/GETTY



عالمة الزلازل أمبرلي دارلود وهي تتتبَّع زلازل غير مسبوقة في أوكلاهوما، محاولةً اكتشاف سببها.

جيولوجيا

زلازل مستحَثّة تهزّ أوكلاهوما

تستدعي الزلازل ذات الصلة بعمليات استخراج النفط والغاز مزيدًا من البحث في المخاطر الزلزالية التي يستحثها الإنسان.

ألكسندرا ويتز، ستيلووتر في أوكلاهوما

أول ما سأل عنه الجيولوجي تود هاليهان بعد ظهر يوم ربيعي مشمس في جامعة ولاية أوكلاهوما في ستيلووتر، كان: «هل شعرتَ بالزلزال؟ لقد اتصلت بي حماتي، تشتكي من ارتجاج المنزل».

ومؤخرًا، اشتكت حماة هاليهان كثيرًا. فقد ضرب الولاية خمسة عشر زلزالًا، بلغ شدة الواحد منهم 4 درجات، أو أكثر في عام 2014، وهو ما يوازي مجموع نشاط زلزالي طبيعي لقرن كامل. وكان نصيب أوكلاهوما من الزلازل في العام الماضي ضعف ما كان لولاية كاليفورنيا، وهي البقعة الزلزالية الساخنة. لذا.. يسابق الباحثون الزمن لفهم السبب وراء ذلك، قبل حدوث الزلزال الكبير التالي.

ستعمم الحقائق التي سيتوصل إليها الباحثون عن النشاط الزلزالي على شتى أنحاء العالم. وفيما يتعلق بزلازل أوكلاهوما، فقد تم ربطها بالآبار الجوفية، حيث يجري التخلص من المياه العادمة من عمليات استخراج النفط والغاز، حيث قد تسبِّب عمليات التعدين، والطاقة الحرارية الأرضية وعمليات التنقيب الأخرى التي تتم تحت الأرض وقوع الزلازل من جنوب أفريقيا إلى سويسرا.

في منتصف إبريل الماضي، ناقش العلماء في اجتماع الجمعية الأمريكية لرصد الزلازل في باسادينا، كاليفورنيا، كيف يختلف خطر الزلازل التي يسببها الإنسان ويستحثها عن الزلازل الطبيعية، وكيف يمكن أن يستعد لها المجتمع.

في أوكلاهوما، تسببت الزلازل في نوبة هيجان، جعلت السكان الساخطين يوجهون أصابع الاتهام إلى شركات النفط والغاز، ويقاضونها على الأضرار التي لحقت بمنازلهم. وبينما دخل أرباب الصناعة والساسة في مناقشات حادة حول ما إذا كانت الزلازل مستحثة، توافقت الهزات التي لم يسبق لها مثيل عبر الأجزاء الوسطى والشمالية من الولاية مع نشاط آبار التخلص من المياه العادمة. يقول هاليهان: «البعض يجادل بأنها طبيعية خالصة، لكنْ بات واضحًا الآن أنها ليست كذلك».

تقوم الشركات بالحفر من أجل استخراج النفط والغاز الممزوجين بمياه مالحة. وهذه الملوحة تأتي أساسًا من بحر متحفر منذ أمد بعيد. تفصل الشركات الوقود، ثم تحقن المياه المالحة في آبار تصريف عميقة؛ للتخلص منها (هناك أكثر 4,600 بئر في أوكلاهوما). تتطلب اللوائح المنظِّمة في الولاية أن يتم التخلص من المياه المالحة، وتصريفها في طبقات الصخور أسفل تلك التي تحتوي على مياه الشرب (انظر: «أرض راجفة»).

إجهاد الصَّدْع

ينتهي مسار معظم السائل في تكوين صخري يُدعى آربكل، وهو تكوين ممتد تحت ولاية أوكلاهوما بالكامل، ويُعرف بقدرته على استيعاب كميات ضخمة من المياه، لكن في كثير من الأماكن يرقد تكوين آربكل فوق صخور قاع عتيقة هشة، يمكن أن تتحول إلى صدوع كبرى تحت الإجهاد. يقول آرثر ماكجار، الذي يقود بحثًا عن الزلازل المستحثة لصالح المساحة الجيولوجية الأمريكية في مينلو بارك بولاية كاليفورنيا: «كلما حقنتَ أعمق؛ كانت فرصة الماء المالح المحقون في سلوك سبيله إلى منطقة الصدع الزلزالي أكبر وأرجح، ما يجعلها عرضة لوقوع الزلازل».

تُشغِّل شركات النفط والغاز آبار التصريف عبر وسط الولايات المتحدة، ورغم بروز أوكلاهوما بكمية المياه العادمة الهائلة، فلربما ضربت الولايات الأخرى بالزلازل. فعلى سبيل

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المثال.. ربَط تقرير نُشر في دورية *Nature Communications*[1] بين حقن المياه المالحة، وسلسلة من الزلازل بدأت في نوفمبر 2013 بالقرب من آزل، في ولاية تكساس.

لقد تم فهم أساسيات فيزياء العملية منذ سبعينات القرن الماضي، عندما ضخ علماء من هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية المياه أسفل بئر في رانجلي بولاية كلورادو، وسجلوا كيف أن نشاطًا زلزاليًّا نشأ وتلاشى فور تغيير كمية السائل[2]. والسؤال الآن: أيّ الصدوع من المرجح أن تنفجر في أوكلاهوما، وما حجم الزلزال الناتج؟

يتوقف حدوث زلزال بسبب انفجار صدع على موقعه بالنسبة إلى القوى التي تضغط على القشرة الأرضية. وفي حالة أوكلاهوما، تعصر حركة الصفائح التكتونية أوكلاهوما من الشرق للغرب، ولذا.. فأكثر الزلازل تقع عبر صدوع ممتدة من الشمال الغربي إلى الجنوب الشرقي، أو من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي. وثمة صدوع أخرى، احتمال انفجارها أقل، كما يقول ماكجار.

بلغت شدة أقوى الزلازل التي تم رصدها في أوكلاهوما 5.6، ووقع بالقرب من بلدة براغ في نوفمبر 2011، ويَعتقد عديد من خبراء الزلازل أن الزلزال قد حدث بالقرب من بئر تصريف[3] للمياه العادمة. ويطرح بحث نظري[4] أن حجم الزلزال المحتمل يتزايد مع كمية السائل المحقون في جوف الأرض. ويُذكَر أنّ كبرى آبار التصريف في أوكلاهوما تحقن بأكثر من 60 مليون لتر من المياه العادمة كل شهر.

يقدِّر أوستن هولاند ـ خبير الزلازل بالمساحة الجيولوجية لأوكلاهوما في نورمان ـ فرصة وقوع زلزال آخر، شدته 5 درجات أو أكثر، يضرب الولاية في السنة القادمة بحوالي 30%. «وليس هذا ضربًا من اليانصيب نريد أن نكسبه»، كما يقول هولاند.

خصَّصت أوكلاهوما مناطق عازلة، وهو ما يتطلب تدقيقًا إضافيًّا لآبار التصريف الواقعة في نطاق 10 كيلومترات من مواقع الزلازل، أو مما كانت شدته 4 أو أعلى. واعتبارًا من 18 إبريل، يجب على المشغلين إما إثبات أنهم لا يحقنون في صخور القاع أو قريبًا منها، أو خفْض كميات تصريفهم إلى النصف.

حتى الآن، تحوز شركات النفط والغاز نفوذًا سياسيًّا كبيرًا في ولاية أوكلاهوما، ويداوم المسؤولون بالجهات المنظمة التأكيد على ما يسمونه عدم اليقين في ربط آبار الحقن بالزلازل. ففي اجتماع بمبنى البلدية في ضاحية أوكلاهوما سيتي في إبريل الماضي، قال تيم بيكر، مدير قسم النفط والغاز في لجنة مؤسسة أوكلاهوما، وهي الجهة التي تنظم عمليات الحفر: «شعرنا بزلزال كبير في ليلة جمعة، وكنت أعلم أننا رخَّصنا لعلامة تجارية جديدة بحفر بئر في تكوين آربكل في موقع لا يبعد عن بيتي ثلاثة أميال». ويضيف: «قدتُ السيارة إلى هذه البئر؛ للتفتيش عليها صباح السبت، ولم يكن حتى قد بدأ تشغيلها. هكذا يبلغ تعقيد هذه القضية».

كذلك فإن تقنية التكسير الهيدروليكي ـ المثيرة للجدل ـ ذات الصلة، التي يجري فيها حقن المياه في الصخور؛ لفتح شقوق تجعل النفط والغاز يتدفقان بسهولة أكبر، تم ربطها بوقوع الزلازل، ولكن إلى حد أقل من ذلك بكثير. وينطوي التكسير على ضخ كميات أقل من المياه لمدد أقصر من الوقت، ولم ترتبط بأي زلازل شدتها أكبر من 4 (المرجع 5).

مسح زلزالي

على نحو دقيق، تريد إحدى مجموعات الجيولوجيين استكشاف كيف يمكن أن تتسبب آبار التصريف في وقوع الزلازل. ويأمل الفريق في العثور على ركن بعيد من أوكلاهوما، ويحقن السوائل في أعماق جوف الأرض، بينما يتم رصد الأمر زلزاليًّا، نظير ما تم في تجارب السبعينات بولاية كولورادو. «إنه هدف طموح للغاية، لكننا نريد أن نقوم بتجربة مُحْكَمة على نطاق الحقل»، كما يقول زئيف ريخس، وهو جيوفيزيائي بجامعة أوكلاهوما في نورمان، والرئيس المشارك للمشروع. أمّا من حيث هياج سكان أوكلاهوما وتوتُّر أعصابهم، فليس واضحًا ما إذا كان الفريق يمكنه إنجاح هذه التجربة، أم لا. وحتى الآن، تظل افتراضية.

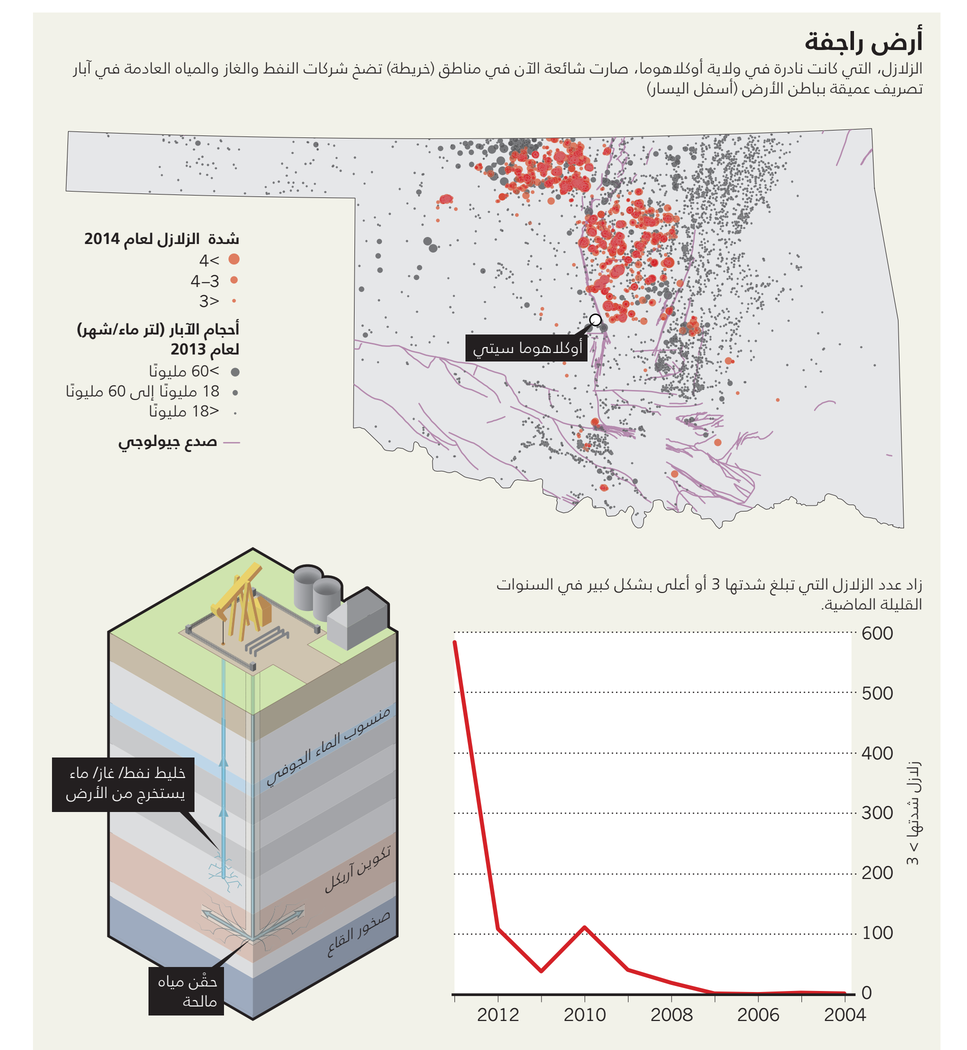
في الوقت الراهن، يحاول علماء الزلازل مجرد مجاراة نشاطها. ومؤخرًا، تخلّت هيئة المساحة الجيولوجية للولاية عن تسمية حشود الزلازل، لأنها ـ ببساطة ـ لم تتوقف عن الحدوث، كما تقول أمبرلي دارلود، خبيرة الزلازل بالوكالة. (اعتادت المساحة تسمية الحشود بأسماء البلدات المجاورة؛ وهي الآن تعرف النشاط المستمر على مساحات شاسعة، وتسميه بأسماء المقاطعات).

في مبنى علوم الأرض ذي الـ15 طابقًا، المبنيّ بالقرميد بحرم جامعة أوكلاهوما في نورمان، توجد تماثيل تخلد «المنقبين بالمناطق المجهولة» wildcatters، لأنهم جعلوا للولاية شأنًا كبيرًا في مجال النفط والغاز، بالإضافة إلى حديقة قريبة مشذبة على نحو بديع خُصصت لتخليد إنجازاتهم. وفي قبو مظلم بالمبنى نفسه، يكدح هولاند ودارلود؛ لإعداد قاعدة بيانات عن صدوع أوكلاهوما، محاولَيْن التأكد من أن كل زلزال تم توثيقه.

يخشى كثير من العلماء ألّا يكون بناء مباني الولاية قد تم وفق المعايير التي تراعي مخاطر الزلازل، ويشعرون بالقلق حيال المدى الذي يصل إليه صمود البنايات العتيقة المبنية بالطوب والملاط في وجه زلزال كبير. وتصدر هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية خرائط وطنية عن الأخطار الزلزالية كل بضع سنين، لكنها لم تشمل أبدًا الزلازل المستحثة. وتقوم الوكالة هذا العام، وللمرة الأولى، بتطوير خرائط للمخاطر الزلزالية المستحثة في أوكلاهوما والولايات المحيطة بها. ومن المرجح أن تخرج للنور أولى هذه الخرائط بحلول نهاية عام 2015، كما يقول ماكجار.

في كوشينج، التي تبعد قرابة 60 كيلومترًا شمال براغ، تلتقي خطوط أنابيب النفط الخام من مختلف أنحاء القارة. هناك تعلو الأسوار أسلاكٌ شائكة لحماية خزانات النفط الضخمة من هجوم إرهابي، لكنها لن تجدي نفعًا إذا وقع زلزال كبير، كما يقول هاليهان.

في تلك الأثناء، يجلس هاليهان وينتظر أن يسمع عن الزلزال القادم. وإذا كان لا يريد التعويل على حماته، يمكنه تتبُّع الهزات بمراقبة حركة علامة نحاسية صغيرة مثبتة على جدار مكتبه. لقد اعتادت أن تهتز مرة واحدة كل أسبوع. والآن، تفعلها يوميًّا تقريبًا. ■



أرض راجفة

الزلازل، التي كانت نادرة في ولاية أوكلاهوما، صارت شائعة الآن في مناطق (خريطة) تضخ شركات النفط والغاز والمياه العادمة في آبار تصريف عميقة بباطن الأرض (أسفل اليسار)

زاد عدد الزلازل التي تبلغ شدتها 3 أو أعلى بشكل كبير في السنوات القليلة الماضية.

1. Hornbach, M. J. *et al. Nature Commun.* **6,** 6728 (2015).
2. Raleigh, C. B., Healy, J. H. & Bredehoeft, J. D. *Science* **191,** 1230–1237 (1976).
3. Keranen, K. M., Savage, H. M., Abers, G. A. & Cochran, E. S. *Geology* **41,** 699–702 (2013).
4. McGarr, A. *J. Geophys. Res. Solid Earth* **119,** 1008–1019 (2014).
5. Ellsworth, W. L. *Science* **341,** 1225942 (2013).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تقدِّم عيِّنات الـDNA المستخرجة من بشر عاشوا في جبال الأنديز منذ 9,000 سنة أدلّة عن الكيفية التي صارت بها أمريكا الجنوبية مأهولة بالسكان.

CHRISTIAN KAPTEYN/ROBERT HARDING

عِلْم الآثار

هجرة واحدة وراء استيطان أمريكا الجنوبية

تشير الاختبارات التي أُجريت على بقايا عظام بشرية من كهفٍ بأعالي جبال الأنديز البيروفيّة إلى موجة هجرة وحيدة مبكرة.

إوين كالاواي

تشير أدلة وراثية إلى أن البشر استقروا في أمريكا الجنوبية بعد موجة هجرة وحيدة، حدثت بعد وقت قليل من عبور أسلافهم للمرة الأولى من سيبيريا إلى نصف الكرة الغربية إبان آخِر عصر جليدي. كما يلمِّح الاكتشاف المبني على تحليل الحمض النووي من بقايا عظام خمسة أفراد قدامى عاشوا في أعالي جبال الأنديز البيروفية إلى كيفية تطوُّر سكان الأنديز القدماء، وتكاثرهم عند ارتفاع يزيد على أربعة آلاف متر. وعند عرض النتائج في 16 إبريل الماضي بالاجتماع السنوي لجمعية علم الآثار الأمريكية، في سان فرانسيسكو، ألقى البحث أضواء كاشفة على آخِر هجرة قاريّة كبرى في عصور ما قبل التاريخ البشري، وواحدة من أقل الهجرات المتوفِّر معلومات عنها، تتيح لنا فهمها.

يشير أقدم موقع معروف استوطنه البشر بأمريكا الجنوبية ـ مستعمرة ماونت فيردي في شيلي، يصل عمرها إلى 14,600 سنة ـ إلى أن طائفة من البشر وصلوا سريعًا إلى القارة بعبور جسر بيرينج البري منذ ألف سنة، أو ألفين، ربما ملتفين بمحاذاة ساحل الهادئ، لكن البعض يسوق حججًا بأنّ ثمة هجرة ثانية قد حدثت، حيث يستخدم الباحثون دلائل من الهياكل العظمية؛ لدعم فكرة أن الجماجم الطويلة النحيلة للأمريكيين الجنوبيين الذين عاشوا منذ خمسة آلاف سنة ماضية، تختلف كثيرًا عن الرؤوس الأكثر استدارة للسكان الأحدث، وعن السكان الأصليين، وبالتالي يصعب أن تمثل عشيرة واحدة مستمرة[1].

في خمسينات وستينات القرن العشرين، اكتشف الأثري البيروفي أوجستو كارديتش بقايا بشرية تحمل سمات شكل الجمجمة القديمة في مخبأ صخري محفور بأعالي الأنديز في منطقة تُدعى لاوريكوتشا. وكشف تأريخ الكربون لعمر الموقع بأن عمره حوالي تسعة آلاف سنة، مما يجعله مثالاً أثريًّا نموذجيًّا للحياة المبكرة عند ارتفاعات عالية. ولاحقًا، أرَّخ الباحثون عمر بقايا لاوريكوتشا بأنه يقارب 5 آلاف سنة فقط، ما هبط بجاذبيته كثيرًا لدى الباحثين المهتمين بعصر ما قبل التاريخ المبكر في أمريكا الجنوبية. يقول لارس فيرين شميتس، اختصاصي الأنثروبولوجيا الحيوية بجامعة كاليفورنيا في سانتا كروز: «نسي الناس ـ ببساطة ـ هذا الموقع، وما عاد أحدٌ يهتم به».

وبعد مضي أكثر من نصف قرن على اكتشاف الموقع، حصل فريق فيرين شميتس على إذن يسمح له بفحص خمسة هياكل عظمية بشرية مستخرَجة من لاوريكوتشا، ومحفوظة بمتحف بيرو الوطني للآثار والأنثروبولوجيا والتاريخ في ليما. أعاد الفريق تأريخ البقايا، وأعادوا قياس الجماجم؛ واستخلصوا الحمض النووي.

يرسم عمل الفريق ـ الذي قدَّمه فيرين شميتس في اجتماع جمعية علم الآثار الأمريكية ـ صورة معقدة عن لاوريكوتشا. فاثنان من سكانها (امرأة، وطفل عمره عامان) ماتا منذ تسعة آلاف سنة، بينما الثالث هو رجل، لقي حتفه بعدهم بـ2,500 سنة، ورجل آخر مات لاحقًا بعد 2,300 سنة، بينما العيِّنة الخامسة لم تؤرَّخ؛ لسوء حالتها، وكانت جمجمة المرأة هي الوحيدة التي لها شكل طويل نحيل، فيما يُعرف باستطالة الرأس.

ولتبيان ما إذا كان سكان لاوريكوتشا منحدرين من أسلاف قادمين من أكثر من هجرة واحدة، أم أكثر، حلَّل فريق البحث تسلسل الحمض النووي من الحبيبات الخيطية لخلايا الهياكل الخمسة، وكذا عضيّاتهم الخلوية التي انتقلت مباشرة من الأم إلى الطفل. وبالتالي، تتبَّعوا أسلاف الأمهات؛ مما كشف لهم أن الخمسة أشخاص كانوا منحدرين من خطوط أمومة شائعة بين السكان الأصليين القدامى والمحدثين في أمريكا الشمالية والجنوبية. كما كشفت لهم كروموسومات الذكورة عن ذرية ناشئة من المنطقة حول طريق بيرينج منذ 17 ألف سنة، وهو أكثر الأوقات والأماكن المتفق عليها بين الباحثين لحدوث الهجرة البشرية الأصلية إلى الأمريكتين. كما أن بيانات الحمض النووي هذا وغيرها تشير إلى أن كلّ بَشَر لاوريكوتشا منحدرون من البشر الأوَّلون الذين وصلوا الأمريكتين، مما يدعم فكرة حدوث هجرة واحدة إلى أمريكا الجنوبية.

لا يقبل الجميع هذه الحُجّة. ومن الرافضين لها: توم ديليهاي، عالِم الآثار بجامعة فاندربيلت في ناشفيل، بولاية تينيسي، إذ يؤكد أن مثل هذا الاستنتاج عريض النطاق لا يمكن أن يُثبَت من حفنة من البقايا عُثِر عليها في موقع واحد فحسب، ويدعم رأيه بوجود فجوة قدرها خمسة آلاف سنة بين أقدم السكان في مونت فيردي، الذين استخرجهم ديليهاي، وبين أقدم هياكل لاوريكوتشا العظمية، مما يترك الباب مفتوحًا أمام احتمال حدوث هجرات أقدم. يقول: «ربما كانت هجرة وحيدة فعلًا كما يقولون، لكنهم لا يملكون دليلًا على ذلك».

ويوافق فارن شميتس على أن عيِّنات الحمض النووي البشري القديم المستخرَجة من أجزاء أخرى بأمريكا الجنوبية ـ مثل الأمازون ـ قد تشير إلى حدوث هجرة ثانية إلى القارة. ويحلل فريقه الآن الجينومات الكاملة من لاوريكوتشا ومواقع أخرى بأمريكا الجنوبية؛ للحصول على صورة أشمل عن ماضي القارة.

وتؤيد ديبورا بولنيك ـ اختصاصية الأنثروبولوجيا الحيوية بجامعة تكساس في أوستن ـ فكرة حدوث هجرة وحيدة. وبصرف النظر عن عدد موجات الهجرة، تعتقد بولنيك أنه يجب أن تكون ثمة حركات سكانية أكثر قد حدثت بعد رحلة التأسيس الجنوبية الأولية، وأن تحليل جينومات من الأمريكيين الجنوبيين القدماء سوف يعطي صورة أكثر دقة عمّا قبل تاريخ القارة، حيث عثر الباحثون الدارسون للحمض النووي القديم على دليل على حدوث هجرة كثيفة من المناطق المعروفة اليوم باسم (بروسيا، وأوكرانيا) إلى غرب أوروبا منذ نحو 4,500 سنة[2]، وتؤكد بولنيك أنه لا بد أنّ تقلُّبات مماثلة قد وقعت في الأمريكتين. فعلى سبيل المثال.. وثَّق فيرين شميتس ـ في بحث نُشر عام 2014 ـ حدوث هجرة إلى وسط الأنديز منذ 1,400 سنة، إذ ربما حدثت بسبب الجفاف في المناطق الأكثر انخفاضًا[3].

قد توضح أيضًا جينومات جنوب الأمريكيين القدماء كيفية تكيُّف البشر مع العالَم الجديد. فقد قام فيرين شميتس وزملاؤه في دراسة منفصلة بفحص جين مختلف، يقي من داء المرتفعات. وأوضحت الدراسة ارتفاع ظهور هذا الجين المختلف بين سكان الأنديز ما بين 600 إلى 8,500 سنة مضت.

يقول فيرين شميتس إن هذه النتائج المكتشَفة توحي بتكيُّف محلي فقط. وتضيف بولنيك قائلة إنه مع وجود الجينومات القديمة كاملة في متناول أيدي الباحثين؛ سوف يتمكنون من تدقيق البحث عن علامات التكيف مع

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الارتفاعات الشاهقة. وبناء عليه، يسلسل فريقها الحمض النووي من بقايا سكان جبل بالأرجنتين، واضعًا هذه الأفكار في اعتباره. وقد تكشف الجينومات القديمة من الأمريكتين أيضًا كيف تَكَيَّفَ البشر مع التحول الذي طرأ في وجباتهم ونظامهم الغذائي، إذ زرع الأمريكان الأوائل الذرة والبطاطس والمحاصيل الأخرى. ومع وجود أمراض وردت من أوروبا، مثل مرض الجدري، فإن ما قبل تاريخ أمريكا الجنوبية يبدو أنه سيصير أكثر تعقيدًا. ■

1. Walter, A., Neves, W. A. & Hubbe, M. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **102,** 18309–18314 (2005).
2. Callaway, E. *Nature* **518,** 284–285 (2015).
3. Fehren-Schmitz, L. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **111,** 9443–9448 (2014).


MARK RALSTON/AFP/GETTY

طاقة الوقود الأحفوري تجارة مربحة، ومع ذلك.. يتم حث المؤسسات على عدم الاستثمار فيها.

سياسات

اختبـار حقيقي لسَـحْب الاستثمارات من الوقود الأحفوري

يحثّ أكاديميون على تفعيل طرق أخرى؛ للحَدّ من انبعاثات غاز الكربون.

جيف توليفسون

أدَّت الدعوة إلى سَحْب استثمارات الوقود الأحفوري إلى انقسام دوائر البحث الأكاديمية. فقد أعلنت كلية الدراسات الشرقية والأفريقية بجامعة لندن، في 24 إبريل الماضي، أنها ستبيع جميع استثماراتها في شركات الوقود الأحفوري في غضون ثلاث سنوات. وتلاها بعد بضعة أيام تصويت مجلس جامعة نيويورك بأن تُبْقِي الجامعة على استثماراتها الحالية في الوقود الأحفوري، على أن تعمل على تطوير استراتيجية صديقة للبيئة مستقبلًا، بينما اعترضت مؤسسات أخرى على سحب الاستثمارات، مثل جامعة هارفارد في كمبريدج، وجامعة ماساتشوستس، ومؤخرًا كلية سوارثمور في بنسلفانيا.

يتفق خبراء الاقتصاد على أنه حتى إنْ نجحت هذه الحركة في إقناع المؤسسات بسحب مليارات الدولارات من الاستثمار في الوقود الأحفوري؛ فلن يكون لها تأثير يُذكر على قطاع الطاقة، أو انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ويعترف المناصرون أنفسهم بأنها حركة رمزية، أكثر منها عملية في حل الأزمة، ولذلك يخشى بعض الأكاديميين مِن أنْ تلفت هذه الحركة الانتباه بعيدًا عن الطرق الأكثر فاعلية في تشجيع استخدام الطاقة منخفضة الكربون. يقول الخبير الاقتصادي روب ستيفينز بجامعة هارفارد: «نحن بحاجة إلى التركيز على الإجراءات التي يمكن أن تُحْدِث فرقًا حقيقيًّا».

منذ بضع سنوات، أطلق الطلبة ومُناصِرو الحفاظ على البيئة دعوة لسحب هذه الاستثمارات. واستهدفت الدعوة مؤسسات الاستثمار البارزة، مثل صناديق التقاعد العامة، وصناديق الاستثمار الحكومية والمؤسسات الخيرية. ويقول المنظمون إنّ ما يقرب من ثلاثين جامعة في جميع أنحاء العالم قدّمت التزامات لتصفية استثماراتها، أو لإعادة النظر في استراتيجياتها الاستثمارية. ويقول خبراء الاستثمار إنه من غير المرجح أن يُحْدِث سَحْب الاستثمارات فرقًا، مثلما جاء في تصريح جوليان بولتر، المدير التنفيذي لمشروع «الكشف المالي على أصحاب الأصول المالية» في لندن: «نحن لا نؤمن باستراتيجية سَحْب الاستثمارات، ونعتبرها فكرة ساذجة، لا تحل المشكلة». ويهدف مشروع «الكشف المالي على أصحاب الأصول المالية»، الذي يتعاون مع مؤسسات أخرى، إلى تأسيس حقائب أعمال للاستثمارات الصديقة للبيئة، بهدف الحدّ من مخاطر القوانين التي تفرضها الحكومات؛ للحدّ من الانبعاثات على أصحاب الأصول والمستثمرين.

وفي تقرير صادر عن 129 شخصًا من مجلس جامعة نيويورك، تبنَّى أعضاء هيئة التدريس والطلاب والإداريون قرارًا يدعو إلى محافظة مجلس الأمناء على استثمارات الوقود الأحفوري، التي يقارب مجموعها حوالي 139.7 مليون دولار أمريكي، أي ما يعادل 4.1% من الـ3.4 مليار دولار الموقوفة للاستثمار. ورغم هذا.. يدعو القرار الجامعة إلى عدم استثمار المزيد من المال في شركات الوقود الأحفوري، وبدلًا من ذلك.. وَضْع خطة للاستثمار في الشركات التي «تلتزم بتخفيف آثار حرق الوقود الأحفوري».

يضيف الدكتور ديفيد فرانك خبير أخلاقيات البيئة في جامعة نيويورك قائلًا: «أنا سعيد بهذه النتيجة، فهي دليل على التقدم». وقد وقع الدكتور ديفيد فرانك على عريضة تدعم سحب استثمارات الوقود الأحفوري، ويصرح الدكتور فرانك بأن هذه الحملة تعمل على رفع مستوى الوعي حول المشكلة، وإنْ كانت لا تقدِّم أي حلول محددة.

يشكو البعض الآخر من أنّ سَحْب هذه الاستثمارات يغفل الدور الجوهري الذي يلعبه الوقود الأحفوري في العصر الراهن. ويتساءل فرانك ولاك الخبير الاقتصادي في جامعة ستانفورد في ولاية كاليفورنيا: «كيف يمكنك التنديد باستهلاك شيء تستخدمه كل يوم؟». ويأمل فرانك ولاك وآخرون في تحويل انتباه الطلبة إلى ما يعتبرونه استراتيجية أكثر فاعلية؛ لإبعاد الجامعات والعالَم عن استهلاك الوقود الأحفوري.

وفي 20 إبريل الماضي، تمَّ في جامعة ييل بنيو هيفن، في ولاية كونيتيكت شمال شرق الولايات المتحدة الأمريكية، الإعلان عن خطط لتطوير ضريبة غاز كربون داخلية؛ للحدّ من الانبعاثات. وقد اقترح ولاك نهجًا مماثلًا في جامعة ستانفورد، ويهدف فريقه إلى تطوير شبكة من الجامعات مخصصة للعمل على هذه الفكرة.

وقد دعا الاقتصاديون إلى اتباع النهج نفسه على نطاق عالمي، بالرغم من أنه لن يكون لهذه الشبكة تأثير كبير على انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في العالم، لكن حقيقة الأمر أنه في حال تم تعيين رسوم على انبعاثات الوقود الأحفوري، استنادًا الى مدى تأثيرها على البيئة؛ فعندئذ ستصبح الطاقة الملوثة أكثر تكلفة من البدائل الصحية؛ مما سيحوِّل الاستثمار تلقائيًّا إلى مصادر أقل ضررًا.

في جامعة ييل، تُعتبر رسوم الكربون إيرادات متعادلة، فعلى غرار المقترحات الوطنية لمؤسسات الفكر والرأي في العاصمة واشنطن، يتم تحويل الأموال من الأقسام ذات انبعاثات الاحتباس الحراري الأعلى من المعدل الوسطي المحدَّد للجامعة، إلى الأقسام ذات الأداء الأفضل. ويمكن أن يشارك الطلاب في المساعدة على خفض الانبعاثات.

يقول وليام نوردهاوس الخبير الاقتصادي في جامعة ييل، الذي تبنَّى تطوير المقترح: «الفكرة تكمن في إكساب الطلاب وأعضاء هيئة التدريس الخبرة التي يمكن أن ينقلوها إلى العالَم الحقيقي». ويتوقع نوردهاوس أن تبدأ الجامعة برنامجًا تجريبيًّا في العام الدراسي المقبل، وأن يشمل جميع العمليات في غضون ثلاث سنوات. ويقول نوردهاوس «إذا أردتَ أن تفعل شيئًا حيال تغيُّر المناخ، فعليك أن تفعل شيئًا حيال الأسعار». ويضيف قائلًا: « لن تستطيع حل المشكلة بالضغط على الشركات». ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



MAJ RUNDLÖF

راقبت دراسة أجريت في السويد كيف يستجيب النحل إلى أشباه النيكوتين الحديثة في البرية.

اللواقح

دراسات على النحل تشعِل الجدل حول المبيدات الحشرية

أصبح الخطر الذي تمثله شبيهات النيكوتين الحديثة على النحل واضحًا.

دانييل كريسي

تزداد الأسباب الداعية إلى تقييد عائلة مثيرة للجدل من المبيدات الحشرية. فهناك دراستان نُشرتا في الثاني والعشرين من إبريل الماضي في دورية *Nature*[1,2] تبحثان أسئلة معلّقة حول الخطر الذي تمثله الكيماويات على النحل. وتزامن نشر المقالتيْن مع إعداد المُنظِّمين العدة حول العالم للانخراط في نقاش جديد حول قيود المبيدات الحشرية.

هناك عدد كبير من أنواع النحل في تراجع حاد، وتم تحديد عديد من الأسباب وراء هذا التراجع، بما في ذلك الطفيليات، وفقدان مصادر الطعام. وتُلام المواد الشبيهة بالنيكوتين الحديثة أيضًا، وهي فئة واسعة الانتشار من المبيدات الحشرية التي عادةً ما تُرَشّ على البذور، فتتسلل إلى غبار الطلع ورحيق النباتات. ويُحظَر حاليًّا استخدام ثلاثة أنواع من شبيهات النيكوتين الحديثة ـ وهي كلوثيانيدين، وإيميداكلوبريد، وثيامثوكسام ـ مؤقتًا في دول الاتحاد الأوروبي؛ خوفًا من أن تضر باللواقح. وهذا الحظر مرهون بمراجعة ستُجرى في ديسمبر القادم. في الولايات المتحدة، لا توجد مثل هذه القيود، لكن الوكالة الأمريكية لحماية البيئة صرحت في الثاني من إبريل الماضي بأنه من غير المحتمَل أن تصدق على الاستعمالات الجديدة لمبيد حشري من أشباه النيكوتين الحديثة، دون الاستناد إلى أحدث البيانات الخاصة بأعداد النحل.

إنّ البيانات حتى الآن مختلطة.. فهناك دراسات كثيرة تربط ما بين الحالة الصحية المتردية لمستعمرات النحل والمبيدات الحشرية قد تعرضت للنقد اللاذع، على سبيل المثال.. للإخفاق في استخدام جرعات منطقية. وقد احتج بعض المدافعين عن المواد الكيميائية بأنه لو كانت شبيهات النيكوتين الحديثة مضرة بالصحة؛ فسيتعلم النحل أن يتفادى النباتات المُعَالَجة بتلك المواد.

حققت جيرالدين رايت ـ الخبيرة بالسلوك العصبي للحشرات بجامعة نيوكاسل في المملكة المتحدة ـ وزملاؤها في هذا الجانب؛ فقاموا بحجز نحل العسل *Apis mellifera* والنحل الطنّان *Bombus terrestris* في صناديق، وخيَّروه ما بين الرحيق الخالص والرحيق المخلوط بمادة إيميداكلوبريد، أو ثيامثوكسام، أو كلوثيانيدين. واكتشف الباحثون أن النحل لم يفضل الرحيق الخالص على الإطلاق. والواقع أن الحشرات كانت أكثر نزوعًا لاختيار الرحيق الذي يحوي مادة إيميداكلوبريد، أو مادة ثيامثوكسام[1]، ولو أنه ليس من الواضح ما إذا كان تفضيلها للمادتين سيتكرر في البرية.

قام فريق رايت أيضًا بتحليل رد فعل خلايا التذوق العصبية للنحل تجاه أشباه النيكوتين؛ واكتشف أن النحل يستجيب بالطريقة نفسها، بغضّ النظر عن التركيز، مما يوحي بأن النحل لا يستطيع أن يتذوق المبيدات الحشرية، وأن تفضيله لتلك المواد يرجع إلى آليّة أخرى. وأثبتت دراسات أخرى أن أشباه النيكوتين الحديثة تقوم بتنشيط مستقبِلات في أمخاخ النحل ترتبط بالذاكرة والتعلم.

وعلى النقيض من أبحاث رايت وزملائها، دَرَس البحث الثاني[2] نحل العسل والنحل البريّ، بما في ذلك النحل الطنان، ميدانيًّا. وحللت ماج روندلوف، الخبيرة بعلم البيئة بجامعة لوند في السويد، وزملاؤها ثمانية حقول للفت زيتي البذور، المنثورة ببذور مُعالجة بمادة كلوثيانيدين، وثمانية حقول أخرى منثورة ببذور غير مُعالجة في جنوبي السويد.

لم يستجب نحل العسل بشكل مختلف في الحقول المُعالجة والحقول غير المُعالجة، لكن الباحثين اكتشفوا أن كثافة النحل البري في الحقول المُعالَجة بلغت حوالي نصف كثافته في الحقول غير المُعالَجة. وتراجعت أعداد موائل النحل الانعزالي، وحجم مستعمرات النحل الطنان أيضًا في الحقول المعالَجة بأشباه النيكوتين الحديثة. تقول روندلوف: «إنني قلقة بشأن آثار تلك المواد على النحل البري».

ترى روندلوف أن نحل العسل يتمتع بأحجام مستعمرات أكبر يمكن أن تتكبّد خسائر من النحل الباحث عن الطعام، قبل أن تتجلى عليه آثار صحية، لكن هذا يثير مشكلة أخرى. تقول روندلوف: «إن نحل العسل هو الكائن المثالي المستغَلّ في اختبار سُمِّيَّة المبيدات الحشرية». وإنْ لم يكن هذا النوع ممثلًا للنحل عمومًا، فبإمكانه تفسير علّة إخفاق المزيد من الدراسات في استكشاف الآثار السلبية.

يشكّ ديف جولسون ـ الباحث في مجال النحل بجامعة ساسيكس بمدينة برايتون، المملكة المتحدة ـ في أن نحل العسل أكثر مرونة من النحل البري في التعامل مع أشباه النيكوتين الحديثة. ولعل ورقة روندلوف البحثية «تمثل الدراسة الميدانية الأمثل حتى الآن»، وتتفادى الكثير من المشكلات السابقة، مثل أدوات التحكم المُلَوَّثَة. وأضاف قائلًا: «أيّ شخص يتحلَّى بالمنطق، سيتحتم عليه القبول بذلك، كأثر حقيقي».

إنّ النِّقَاش ما زال محتدمًا.. ففي مارس الماضي، أعاد جولسون تحليل[3] بيانات مستقاة من دراسة، أجرتها في عام 2013 وكالةُ أبحاث الغذاء والبيئة بالمملكة المتحدة (انظر go.nature.com/w9jlti)؛ انتهى إلى أن المبيدات الحشرية التي تحوي أشباه النيكوتين الحديثة لا تضر بالنحل، واكتشف جولسون أنها تضرّ به. وفي الشهر نفسه، كشفت[4] أبحاث من الولايات المتحدة عن أن الضرر المحتمَل الناجم عن تعريض المحاصيل ذات البذور المُعالجة بمادة إيميداكلوبريد «لا يُذكَر» في نحل العسل، وثمة دراسة[5] نُشرت العام المنصرم أُجريت في كندا، توصلت إلى نتيجة مثيلة بالنسبة لأثر مادة كلوثيانيدين على اللفت زيتي البذور.

> **إن نحل العسل هو الكائن المثالي المستغَلّ في اختبار سُمِّيَّة المبيدات الحشرية**

يقول كريستوفر كونولي ـ الدارس لعلم أعصاب البشر والنحل بجامعة داندي بالمملكة المتحدة، والناشر لأبحاث[6] أثبت فيها أن أشباه النيكوتين الحديثة تعترض وظيفة الخلايا العصبية في النحل الطنان ـ إنه كان على اقتناع بالفعل بأن المبيدات الحشرية مضرة بالنحل. والآن، «يقتضي الأمر الانتقال إلى مستوى مختلف»؛ لبيان الآليّات. ■

1. Kessler, S. C. *et al. Nature* http://dx.doi.org/10.1038/nature14414 (2015).
2. Rundlöf, M. *et al. Nature* http://dx.doi.org/10.1038/nature14420 (2015).
3. Goulson, D. *PeerJ* **3,** e854 (2015).
4. Dively, G. P., Embrey, M. S., Kamel, A., Hawthorne, D. J. & Pettis, J. S. *PLoS ONE* http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0118748 (2015).
5. Cutler, G. C., Scott-Dupree, C. D., Sultan, M., McFarlane, A. D. & Brewer, L. *PeerJ* http://dx.doi.org/10.7717/peerj.652 (2015).
6. Moffat, C. *et al. FASEB J.* http://dx.doi.org/10.1096/fj.14-267179 (2015).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



ظلت نُظُم الكمبيوتر منذ بدء ظهورها ـ وعلى مر العصور ـ عرضة للخطأ.

تكرار النتائج

دورية علمية تساند حملة الضغط من أجل مراجعة الأكواد

تطلب دورية *Nature Biotechnology* من المراجعين النظراء فحص إمكانية الوصول إلى البرمجيات المستخدَمة في الدراسات الحسابية.

إريكا تشيك هايدن

بدت النتيجة غير منطقية وغير معقولة.. فكيف يدفع الاحترار الذي يحدث في أمريكا الشمالية أنواعًا من النباتات إلى ارتفاعات أقل، وليس تجاه أجواء مناخية أعلى وأكثر برودة كما تنبّأ بذلك علماء البيئة لمدة طويلة، لكن البحث المنشور في دورية «جلوبال تشينج بيولوجي» *Global Change Biology* في هذا الصدد كان خطأً بالفعل. وفي فبراير الماضي قامت الدورية بسحب الورقة البحثية، بعد أن اتضح أن نتيجتها المثيرة للاهتمام كانت نتيجة لخطأ في الكود البرمجي[1].

ومع حالة القلق التي تنتاب الدوريات بشأن ارتفاع معدل النتائج التي لا ترقى إلى مستوى النشر، بدأت تلك الدوريات في اتخاذ موقف حاسم. ومن بين آخِر تلك التحركات، أعلنت دورية *Nature Biotechnology* في السابع من إبريل الماضي عن خطة لمنع تلك الحوادث المثيرة للحرج على صفحاتها (*Nature Biotechnol*. **33**, 319; 2015). وفي هذا الصدد سوف تطلب الدورية من المراجعين لديها تقييم مدى توفُّر الوثائق واللوغاريتمات المستخدمة في التحليلات الحسابية، وعدم الاكتفاء بوصف البحث. كذلك تقوم الدورية باستكشاف إمكان هؤلاء المراجعين اختبار الأكواد معقدة التركيب باستخدام خدمات من عينة برنامج «دوكر» Docker، وهو برنامج كمبيوتر يسمح لمؤلفي الدراسات بابتكار عرض تمثيلي لبيئتهم الحسابية، يكون قابلًا للمشاركة مع الآخرين.

يقول الباحثون إن هناك حاجة شديدة إلى تلك التدابير، فالحجم المتزايد لمجموعات البيانات، وتشابك برمجيات التحليل وتعقيدها يزيدان من صعوبة اكتشاف الأخطاء. تقول سييرا مارتينيز، عالمة الأحياء النباتية بجامعة كاليفورنيا في ديفيس: «تُعَدّ هذه خطوة كبيرة إلى الأمام. فنحن في حاجة ماسة إلى أن تركز دورية كبيرة على قابلية تكرار النتائج». وتضيف مارتينيز أنه عادة ما يثير الخبراء الحسابيون مسائل تتعلق بجودة الأكواد، أو مدى توفُّرها أثناء عملية المراجعة، لكن تلك الاهتمامات عادةً ما تُقابَل بالتجاهل، لأن هناك دوريات كثيرة لا تطلب فحص الأكواد.

تكون النتيجة الطبيعية لذلك حدوث أخطاء أو مخالفات وتجاوزات تؤدي إلى عمليات سَحْب، وإلغاء، وتصويب، ومناظرات ومجادلات، من شأنها أن تؤدي إلى إثارة الخلافات والانشقاقات. وقد أشارت دورية *Nature Biotechnology* في إعلانها عن سياستها الجديدة إلى دراستين نُشرتا على صفحاتها، وطَرحتا الكثير من التساؤلات من جانب العلماء الذين لم يتمكنوا من تكرار النتائج، أو إعادة إنتاجها. كانت الورقتان البحثيّتان[2,3] قد قدّمتا مناهج وأساليب جديدة؛ لتحليل جوانب الارتباط داخل الشبكات، ولكن لم تقدم أي واحدة منهما وثائق ومستندات كافية للتدليل على الأدوات أو المنهجيات المستخدمة في الدراسة. وقد نشرت الدورية الآن بالفعل مزيدًا من المعلومات بشأن كيفية استخدام البرمجيات في كل تحليل.

يقول أندرو مارشال، محرِّر دورية *Nature Biotechnology*: «إن عمل فريق تحرير الدورية يسعى ـ ببساطة ـ إلى أن يصبح تقييمنا للأدوات الحسابية أكثر اتساقًا»، ويضيف قائلًا إن الدوريات الأخرى التي تنشر الأبحاث الخاصة في علم الأحياء الحاسوبية قد اتخذت خطوات وإجراءات مشابهة.

هناك مسائل عديدة تزيد من صعوبة الاتجاه الرامي إلى إعادة إنتاج البرمجيات. ومن بين تلك الصعوبات.. العثور على مراجعين مؤهلين لتدقيق الأوراق البحثية في التخصصات التي تتخطى حدود الأقسام. يقول ليور باشتر، أحد علماء الأحياء الحاسوبية في جامعة كاليفورنيا في بيركلي: «لا شك أن البحث هو بمثابة جهد تعاوني، لكن عملية المراجعة لا تزال حبيسة أنماط التفكير والعقليات التأديبية».

ثمة صعوبة أخرى تتمثل في النواحي الاجتماعية، بمعنى أن الآداب السلوكية وقواعد اللياقة لم تعد تحكم تصرفات الأشخاص الذين يرغبون في تكرار النتائج، وسلوكياتهم تجاه الأشخاص الذين يقومون بفحص أعمالهم. فإذا وجد مؤلفو البحوث والدراسات التي توجد بها أخطاء أنهم يواجهون شعورًا عامًّا بالحرج والخزي أمام الناس، فإن ذلك يمكن أن يثبط الباحثين الآخرين؛ ويثنيهم عن الخضوع لعملية المراجعة والتدقيق نفسها. ويقول عن ذلك بن ماروِيك، أحد علماء الآثار بجامعة واشنطن في سياتل: «الأمر يشبه خلع ملابسك أمام الناس، فلا أظن أن المرء يمكن أن يتقبل شعور الإحراج الناتج عن أن يشير إليه شخص ما بأصابعه، لأن لديه الكثير من الشعر في جسمه مثلًا».

في ظل وعيهم واهتمامهم بتلك المخاوف.. يضع المدافعون عن إعادة إنتاج البرمجيات قَدْرًا أقل من التشديد على المطبوعات المنشورة. ويحتجُّون في ذلك بأن الأدوات المنشورة يجب أن تكون قابلة للاستخدام من قِبَل باحثين آخرين. ويقولون إن هذا النهج يُقِرّ الطبيعة التكرارية للعلم.

ووِفْق ما قالته كايتلين ثاني، مديرة مختبر موزيلا غير الربحي للعلوم في نيويورك: «عندما نقول (العلوم المفتوحة)، أو (البحوث المفتوحة)، فإن المسألة لا تقتصر فقط على مدى إمكانية الوصول إلى المحتوى، أو المادة، أو مدى توفُّر ذلك أو تلك، وإنما تأخذنا خطوة إضافية إلى الأمام؛ لكي نفكر في الاستخدام وإعادة الاستخدام، ومن ثم يمكن لشخص آخر أن يواصل المسيرة».

يهدف عدد متزايد من المبادرات إلى تشجيع العلماء على التأكد من أن برمجياتهم قابلة لإعادة الإنتاج والتكرار. وهناك بالفعل دورات تجريها منظمات معينة، مثل منظمة «سوفتوير كاربنتري» غير الربحية. وتتولى تلك الدورات تدريس قيمة الكتابة، ومشاركة الأكواد العلمية السليمة، إلى جانب مبادئ إنشاء وتركيب تلك الأكواد. وتجعل حزم البرمجيات مثل «آي-بايثون» iPython، و«نيتر» knitr من السهل توثيق عملية إنشاء الأكواد بشفافية وفي سياقاتها البحثية. وقد قام مختبر «موزيلا» للعلوم بتجربة لتدريب الباحثين على عملية وضع الأكواد العلمية، كما أن هناك جامعات، مثل جامعة كاليفورنيا في بيركلي، تقوم بعمل دورات تتولّى تدريب الطلاب الخريجين على وضع الأكواد بطريقة تسهم في تعزيز قضية العلوم المفتوحة، القابلة لإعادة الإنتاج.

إنّ القضية ما زالت تسير ببطءٍ يمنعها مِن أنْ تنتشر وتجذب الاهتمام في دوائر البحث العليا. ويأمل القائمون على الدعوة لإعطاء أهمية كبيرة لقابلية تكرار النتائج في قدرة تقديم مزيج من الحوافز على إحداث فارق. فالتدابير الخاصة بعملية النشر، مثل تلك التي أعلنت عنها دورية *Nature Biotechnology*، سوف تصيب أهدافها بدقة لكثير من الباحثين، في حين سوف تغري آخرين فكرةُ أن العمل البحثي القابل للتكرار وإعادة الإنتاج يكون أكثر قدرة على تحمُّل اختبار الزمن. وكما تقول مارتينيز: «الحافز بالنسبة إلى باحثة شابة مثلي بسيط، ويتلخص في كلمتين: علوم أفضل». ■

1. Harsch, M. A. & Hille Ris Lambers, J. *Glob. Change Biol.* **21,** 1376 (2015).
2. Barzel, B. & Barabási, A.-L. *Nature Biotechnol.* **31,** 720–725 (2013).
3. Feizi, S., Marbach, D., Médard, M. & Kellis, M. *Nature Biotechnol.* **31,** 726–733 (2013).



متظاهر في 2013 ضد الحكومة السورية يهدي التحية لشهداء انفجارات جامعة حلب في بداية ذلك العام.

MUZAFFAR SALMAN/REUTERS/CORBIS

في أعقاب الربيع العربي

مرت أربع سنوات على الثورات التي زلزلت أركان حكومات دول عديدة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، ولا يزال العلماء يواجهون مستقبلاً غامضًا.

محمد يحيى، ودكلان بتلر

لم تكن السياسة في دائرة اهتمامات الفيزيائية الشابة إيمان سفار حتى مارس 2010، عندما أضرم أحد الباعة الجائلين النار في نفسه، اعتراضًا على الفساد في مدينة موناستير، التي كانت تعمل بها.

بعد شهرين، اعتقلت قوات الشرطة مدوِّنًا شهيرًا، وأحد أصدقاء سفار المقربين، وتم التحقيق معه بتهمة المشاركة في تنظيم مظاهرة تعارِض الرقابة على الإنترنت في تونس. وأعطى احتجازه إيمان سفار «عنصر الشجاعة»، على حد قولها، للانضمام إلى الثورة التي اندلعت في ديسمبر 2010، بعد أن أضرم بائع آخر من الباعة الجائلين النار في نفسه في مدينة سيدي بوزيد، احتجاجًا على فساد وتعنُّت ضباط الشرطة في البلدة، ليُطْلِق بذلك العنان للإحباطات المكبوتة منذ سنوات عديدة ضد ممارسات الحكومة القمعية في عهد الرئيس زين العابدين بن علي، الذي حَكَم ما يقرب من ربع قرن (انظر: *Nature* **469**, 453-454; 2011). وتتذكر إيمان سفار ذلك قائلة: «توالت الأحداث بسرعة حيث تظاهر الناس في الشوارع ووسائل التواصل الاجتماعي. لقد حدث ما أسميه «انعدام الخوف»، فلم نعد نخشى شيئًا».

أشعلت الثورة موجة من الاضطرابات، اجتاحت دول شمال أفريقيا وبعض الدول العربية، وأدَّت المظاهرات والاحتجاجات إلى زعزعة أركان نظم حُكْم راسخة؛ لتطيح في النهاية بحكام تونس، وليبيا، ومصر، واليمن.

والآن، وقد مضت خمس سنوات تقريبًا على الربيع

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

AUGUSTIN LE GALL

العربي، لا يزال الموقف السياسي في معظم هذه الدول هشًّا وملتهبًا، ولا يزال كثيرون من العلماء يتجرّعون العذاب، ويواجهون صعوبات أكثر من ذي قبل. ولهذا.. سلَّطت دورية *Nature* ـ في الأسبوع الأخير من إبريل الماضي ـ الضوء على التحولات في ظروف الباحثين والعلماء في كل من تونس ومصر وسوريا، التي سلكت كل منها مسارًا سياسيًّا مختلفًا.

في تونس، يحتفل العلماء بنجاح التحول الديموقراطي في الدولة، برغم أن الحريات السياسية الغالية المكتسبة بالدم والدموع لم تُترجَم إلى تغييرات في نظام البحث العلمي. أما في مصر، التي ارتدّت فيها الثورة على أعقابها، وخسرت عديدًا من الحريات التي كسبتها، فقد تحسنت أحوال الباحثين والعلماء قليلًا. وفي سوريا، تدهورت الظروف على مختلف الأصعدة، وسقطت في هاوية الحرب الأهلية الشاملة، التي دفعت معظم العلماء إلى الهروب بحياتهم للخارج. ورغم الفوضى، قرر بعض الباحثين البقاء في سوريا، حيث يتجشمون أشد المعاناة في التدريس للطلاب، ومواصلة أبحاثهم بكل طريقة ممكنة.

يقول أحمد المنصور، المتخصص في علم هندسة المواد في جامعة حلب: «لا أخشى الموت، لأنه سيحدث في أي مكان تذهب إليه، لكنّ كثيرين من الطلاب في سوريا يحتاجون إلى مساعدتنا».

تونس

قبل اندلاع موجات الربيع العربي، اشتهرت تونس بدعم التعليم والبحث العلمي، بخلاف العديد من الدول المجاورة لها. وقد أنتجت عددًا كبيرًا من الأوراق البحثية بالنسبة إلى عدد سكانها، أكثر من أي دولة عربية أخرى، بخلاف المملكة العربية السعودية، وكانت الدولة الوحيدة التي تستثمر أكثر من 1% من إجمالي الناتج المحلي في تطوير البحث العلمي، لكن الحكومة القمعية ظلت تحتفظ بقبضة حديدية على سياسات الجامعات، وخنقت الحرية الأكاديمية، خاصة في فروع العلوم التي تتعرض لدراسة موضوعات جدلية شائكة، مثل العلوم الاجتماعية. وتروي فوزية الشرفي ـ وهي عالمة فيزياء متقاعدة، ومن أقدم المعارضين لقيود النظام على حقوق الإنسان ـ كيف احتاج الباحثون إلى تصريح لكل شيء، حتى تنظيم المؤتمرات الأكاديمية، والتعاون مع الباحثين الأجانب.

تقول فوزية الشرفي، التي أصبحت أول وزيرة للتعليم العالي في أول حكومة انتقالية بعد الثورة، إن نظام بن علي كان يخشى أن يتصرف الناس من تلقاء أنفسهم، فلم تحظ الجامعات والباحثون بحرية في وضع السياسات، أو الاستراتيجيات الخاصة بهم. وتضيف الشرفي قائلة إن بيروقراطية النظام عرقلت جميع المحاولات لبناء علاقات تعاون بين الجامعات والقطاع الخاص؛ لتخنق بذلك الإبداع والابتكار الذي يبني الاقتصاد، ويوفر فرص العمل.

طالت ممارسات الدولة البوليسية ـ التي أسسها بن علي ـ جميع مجالات الحياة اليومية؛ فلم يجرؤ سوى قليل من الناس على انتقاد الحكومة، أو التحدث في السياسة. وتقول إيمان سفار إن الناس كانوا يخشون أن يكون جيرانهم أو أصدقاؤهم من شبكة مخبري النظام. ولهذا.. كان الناس يفرغون طاقاتهم المكبوتة في الحديث عن كرة القدم، وهي المجال الوحيد الآمِن للكلام، دون خوف من سطوة النظام. وحسب قولها: «قبل الثورة، لم يكن الشعب التونسي يتحدث سوى عن كرة القدم».



عالمة الفيزياء إيمان سفار متفائلة بانعكاس الحريات الجديدة على تحسُّن البحث العلمي في تونس.

تقول إيمان سفار إنه بعد هروب بن علي من تونس في يناير 2011، تفجرت حرية التعبير بين عشية وضحاها، لكن سَكْرة الثورة ذهبت عندما دخلت تونس على مدار أربع سنوات في دوامة من الحكومات المتعاقبة والاضطرابات السياسية، بما في ذلك اغتيال زعماء المعارضة البارزين. وخشي الكثيرون في كثير من الأحيان أن تتبدد المكاسب الديمقراطية التي حققتها الثورة، لكن المجتمع المدني القوي في تونس حافظ على مسار الثورة الصحيح، من خلال الإضرابات والتظاهرات الضخمة في الشوارع، ومنْعها من الارتداد إلى الخلف. وبعد أن وصل حزب النهضة الإسلامي الوسطي إلى تسوية مع الأحزاب العلمانية، كانت تونس الدولة العربية الأولى والوحيدة التي تسلك مسيرة الانتقال إلى الديمقراطية.

وفي لحظة تاريخية، أقَرَّ البرلمان بالإجماع دستورًا يضمن حرية التعبير، وحرية الرأي، والحرية الدينية، والمساواة بين الجنسين. ونَصَّ الدستور صراحةً على حماية الحرية العلمية والأكاديمية، وتكليف الدولة «بتوفير الوسائل الضرورية لتطوير البحث العلمي والتكنولوجيا». وفي أكتوبر، فاز أحد الأحزاب العلمانية بالانتخابات البرلمانية، وفي ديسمبر تم انتخاب المرشح الباجي قائد السبسي رئيسًا للدولة.

تشير إيمان سفار إلى أن أكبر تحوُّل حدث منذ الثورة هو «ذلك النوع من الشعور بالحرية في التعبير عن آرائنا في السياسة والإدارة، دون خوف من عواقب وخيمة». فعلى المستوى المهني، توضح إيمان سفار أنه لم يكن للثورة تأثير يُذكر على تخصصها في فيزياء المواد المكثفة، وكانت طوال الوقت منشغلة بحياتها المهنية والعائلية الجديدة. والتحقت إيمان سفار بجامعة تونس المنار، وتفكِّر الآن في الانتقال إلى مجال نظري عن المواد ذات الخصائص الكهربية والمغناطيسية غير المعتادة، لأنها لا تجد في تونس المعدّات التي كانت تستخدمها أثناء إتمام رسالة الدكتوراة في فرنسا.

وبنظرة شاملة، نجد أن التحولات الجوهرية في المجتمع التونسي لم تصل بعد إلى منظومة البحث العلمي والتعليم الجامعي. يقول الهاشمي الوزير، مدير معهد باستور في تونس إن ربع قرن من الحكم الفردي المستبد ترك لنا منظومة فاشلة في استغلال إمكانياتها، فقد نجحت قبضة النظام الحديدية المُحْكمة على حرية الرأي والتعبير في قتل الإبداع والابتكار.

يتابع الهاشمي الوزير بقوله: «لم يَجِد الناس عن الطريق المرسوم»، بينما تقول إيمان سفار إن كثيرين من طلابها لا يبدون متحمسين للتفكير بأنفسهم حتى الآن، ويتوقعون دائمًا من المحاضرين والأساتذة «إرشادهم إلى طريق واحد فقط.. إلى الحقيقة».

أما فوزية الشرفي، فقد عبَّرت عن استيائها من عدم استفادة الباحثين من الحريات الجديدة في إدخال إصلاحات جوهرية، وأرجعت ذلك التردد إلى الثقافة المحافِظة التي تهيمن على المجتمع العلمي التونسي.

يقول الباحثون إن سر أهمية إصلاح التعليم وترسيخ ثقافة الابتكار في العلوم يكمن في مساعدة تونس على توفير الثروة والوظائف، وهي أولوية في ضوء الحالة الاقتصادية المريعة للبلد، وارتفاع نسبة البطالة. وأصبح

التونسيون الآن أكثر وعيًا بالأخطار المحلية، ففي مارس الماضي فقط، قتل المتطرفون الإسلاميون 22 شخصًا في هجوم إرهابي على متحف باردو الوطني في تونس.

رغم ذلك.. يلمِّح الباحثون التونسيون إلى بعض التغييرات الإيجابية. ففي الماضي، كانت المحسوبية والنفوذ السياسي في الغالب يقرران مَنْ يشغل المناصب القيادية المهمة في الجامعات، ولكن ذلك يتقرر الآن بالانتخابات الديمقراطية.

وعندما تفكر إيمان سفار في التغييرات الحاصلة، فإنها ترى بوادر وبشائر تدعو للتفاؤل، عبَّرت عنها بقولها: «لدينا الآن حرية التعبير والتفكير، وكذلك مجتمع مدني فاعل وقوي».

مصر

بعد أن أطاحت ثورة يناير الشعبية بنظام الرئيس حسني مبارك في فبراير 2011، عاد عالِم الأحياء المجهرية رامي عزيز إلى مصر، بروح ممتلئة بالأمل في التغيير.

يقول رامي، الذي كان يدرس في جامعة ولاية سان دييجو في كاليفورنيا في ذلك الوقت: «لقد كنت راغبًا في العودة إلى مصر؛ لكي أقدم الخبرات العلمية التي اكتسبتها في مجال المعلوماتية الحيوية لجامعة القاهرة. لقد كانت الثورة هي الشرارة التي غيرت كل شيء بين عشية وضحاها».

شارك الطلاب والباحثون وأساتذة الجامعات في الثورة، وبلغت توقعاتهم عنان السماء خلال الشهور اللاحقة، ووعدت الحكومة بزيادة تمويل العلوم، وتعهَّد العديد من الباحثين المسافرين في الخارج بالعودة إلى مصر.

كما طالب الباحثون بإصلاح السياسات العتيقة، مثل الشروط التي عرقلت نقل العيِّنات عبر الحدود، أو التواصل المحدود مع المؤسسات الصناعية. وأشاروا إلى أن مثل هذه التغييرات ستساعد مصر على حل أكثر مشكلاتها إلحاحًا، وهي نقص الطاقة والمياه، والفقر، ونسبة البطالة المتصاعدة.

إنّ الآمال الكبيرة لرامي عزيز وآخرين لم تتحقق بعد. فقد وافقت الحكومة على مضاعفة ميزانية العلوم في عام 2012، ولكن لم تكن هناك خطة واضحة لكيفية إنفاق هذه المبالغ، وأخفقت وزارة البحث العلمي في إنفاق أكثر من 80% من ميزانيتها. وعن هذا يقول رامي عزيز، الذي يعمل الآن في جامعة القاهرة: « لم نشعر بأي تغيير فعلي في الميزانية».

وفي 3 يوليو 2013، أطاح انقلاب مدعوم شعبيًّا بمحمد مرسي، أول رئيس منتخب ديمقراطيًّا، وممثل جماعة الإخوان المسلمين. وتبخرت مكاسب عديدة حصل عليها الباحثون بعد ثورة 25 يناير. فعلى سبيل المثال، في يونيو من العام الماضي، ألغى عبد الفتاح السيسي ـ الرئيس الجديد المنتخَب ـ القانون الذي كان يسمح لهيئة التدريس بانتخاب رؤساء الجامعات الذين أصبح تعيينهم يتم بقرار من الرئيس، (انظر: *Nature* **511**, 5; 2014).

يقول رامي عزيز: «من وجهة نظر علمية، لا أرى أيّ تغيير في مصر». لقد شعر حقًّا بأن الطلاب والخريجين أصبحوا أكثر جرأة ورغبة في تحدي أساتذتهم، والمطالبة بحقوقهم، وهو تغيير إيجابي بالتأكيد، ولكنه لا يتوقع أن يُحْدِث فارقًا كبيرًا في وضع العلم في مصر في الوقت الحالي.

أما علاء الدين إدريس، الذي يرأس قسم هندسة الطاقة والبترول في الجامعة الأمريكية بالقاهرة، فيرى أن الفوز الأكبر للعلماء يتمثل في المواد التي نص عليها الدستور الجديد، لأن الدستور الجديد الذي تم إقراره في يناير 2014، ينص على ضرورة إنفاق 1% من إجمالي الناتج المحلي على البحث العلمي، مع قابلية النسبة للزيادة، وفقًا للمعايير الدولية. ويقول علاء الدين: «هذا الأمر رائع من الناحية النظرية»، ولكنه يحذِّر من اعتبار المادة الدستورية الجديدة أكثر من مجرد خطوة أولى على الطريق، «فهي لا قيمة لها، ما لم يتم تطبيق قوانين فعلية تساعد على تحقيقها».

كان يأمل رامي عزيز أن تؤدي الإطاحة بالرئيس مبارك إلى تيسير حركة البحث العلمي في مصر

ووفقًا لمؤشرات وتقارير البنك الدولي، زاد الإنفاق على العلوم في مصر من 0.24% من إجمالي الناتج المحلي في عام 2009 قبل الثورة، إلى 0.43% في عام 2011، لكن أغلب الزيادة كانت في الأجور، وليست في تمويل الأبحاث. في تقرير التنافسية العالمية 2014-2015، الذي أصدره المنتدى الاقتصادي العالمي، تُصنَّف مصر من أسوأ عشر دول في العالم من حيث جودة مؤسسات البحث العلمي.

يقول علاء الدين إدريس: «لدينا العديد من الباحثين، وهو أمر جيد بلا شك، ولكن عندما يتعلق الأمر باستخدام العلم في حل مشكلاتنا، أو تعزيز النمو الاقتصادي، فإننا تقريبًا عند المرتبة صفر».

يؤكد رامي عزيز أن العمل في مصر الآن هو بمثابة معركة متواصلة في منظومة جامدة متحجرة، فهو لا يستطيع الوصول إلى المرافق والتجهيزات الأساسية، كما لا تدعم البيئة المحيطة بأكملها البحث العلمي. وخلال عمله في مصر، يركز رامي عزيز على التدريس لطلاب الدراسات العليا وتوجيههم، ويسافر رامي إلى الولايات المتحدة الأمريكية بضعة أشهر في السنة؛ لإجراء أغلب تجاربه. وعندما يعمل هناك، تتوفر لديه عيِّنات بادئات نسخ الحمض النووي (Primers) في اليوم التالي من طلبه لها، «أما في مصر، فإنك تحصل عليها خلال ثلاثة أسابيع من طلبك لها. وإذا لم تكن صالحة، فإنك تحتاج إلى ثلاثة أسابيع أخرى» على حد قول رامي.

يعتقد رامي أن القيادة السياسية الحالية مخلصة في نِيَّتها في دعم العلوم، غير أنها لم تبذل جهدًا فعليًّا كافيًا لمساعدة الباحثين، بينما يتهم آخرون النظام باتخاذ موقف قوي ضد حرية التعبير في الجامعات. فقد تعرض الطلاب للاعتقال عند تظاهرهم داخل حرم جامعتي الأزهر والقاهرة، واعتدت قوات الأمن على الحرم الجامعي أكثر من مرة، مما أدى إلى مواجهات عنيفة مع المتظاهرين.

وعديد من الشباب الذين كان يمكنهم الإسهام في بناء قدرات مصر العلمية خرجوا من مصر. فإسلام قطب رحل من مصر، بعد أن فَقَدَ العديد من الأصدقاء في الفض الدموي الذي قامت به قوات الأمن لاعتصامات المعارضين في أغسطس 2013. يقول إسلام: «أصبحت مغادرة البلد هي هدفي الأكبر في ذلك الوقت، وقبلت أول وظيفة عرضت عليّ». ويأمل إسلام ـ الذي يعمل حاليًّا أخصائيًّا للرعاية الحرجة في جدة بالمملكة العربية السعودية ـ أن يعود إلى مصر يومًا ما، ولكنه يؤكد أن «البحث العلمي لا يمكن أن ينجح أو يزدهر في مثل المناخ الحالي».

يتفق رامي عزيز وعلاء الدين إدريس على أن أكبر تهديدات تواجه البحث العلمي في مصر تتمثل في البيروقراطية (على سبيل المثال.. شراء المواد الكيميائية قد يستغرق عدة شهور)، وفشل الحكومة في إجراء أي إصلاحات جادة، مثل تطوير التعليم المتدهور في المدارس والجامعات الحكومية المتهالكة، فلم تحاول أيٌّ من نُظُم الحُكْم المتعاقبة إيجاد حلول أو علاج لهذه المشكلات.



SABRY KHALED

يقول رامي عزيز: « إنْ حدث أي تغيير على الإطلاق في البحث والناتج العلمي، فسوف يكون بحلول عام 2020، وأتوقع أن يكون تغييرًا ضئيلًا». ورغم كل هذه المشكلات، لا يزال هناك بصيص من أمل، من وجهة نظر رامي عزيز، يتحدث عنه بقوله: «أرى طلابًا نجباء يحاولون التعلم، رغم كل العقبات والعراقيل. وينبغي عليك أن تنشئ جيلاً جديدًا بعقلية مختلفة وتعليم جيد؛ لينتزعوا راية القيادة من الأجيال الحالية ذات العقلية الرجعية».

سوريا

في يناير 2013، كان الطلاب يجتمعون في جامعة حلب، استعدادًا لإجراء امتحانات منتصف العام، عندما ضربت سلسلة من الصواريخ القاعات السكنية والمباني الأخرى. وتصاعدت سحب الدخان في مقر الجامعة؛ وجرى الناس في ذعر للعثور على مخبأ. ولقي 82 شخصًا مصرعهم، منهم طلاب ولاجئون احتموا بالجامعة. وتبادلت الحكومة وقوى المعارضة اللوم على التفجيرات.

كان أحمد المنصور محظوظًا في ذلك اليوم، حيث أدَّى الانفجار إلى تحطيم نوافذ المبنى الذي يعمل فيه على بُعد 300 متر من قلب التفجيرات، ولكنه وعائلته لم يصبهم أيّ أذى. ورغم أن معظم العلماء السوريين

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أمامي خياران، أحلاهما مُرّ كالعلقم، إما الانضمام إلى الجيش؛ والقتال في الخطوط الأمامية؛ لكي يقتلني بنو وطني، أو أقتلهم، أو الخروج من البلاد».

هرب أغلب الباحثين من الجنسيات الأخرى من دائرة العنف الجهنمية في سوريا؛ مما أدّى إلى إعاقة مسيرة البحث العلمي في البلاد. فالمركز الدولي للأبحاث الزراعية في المناطق الجافة (ICARDA)، وهو واحد من أكبر المراكز البحثية في سوريا، ظل لمدة عامين يعاني من أجل استمرار عمله في سوريا، قبل أن يضطر لمغادرة البلد إلى لبنان المجاورة في نهاية عام 2012. يقول محمود الصلح، عالِم جينات، والمدير العام للمركز الدولي للأبحاث الزراعية، إنّ عصابات النهب هاجمت مرافق المركز أكثر من مرة، وسرقوا سيارات وأجهزة كمبيوتر، وغيرها من المعدات، لكن المركز استطاع إنقاذ بنك الجينات الزراعية، الذي يحتوي على واحدة من أهم المجموعات، ثم نُقِل سليمًا بعد ذلك.

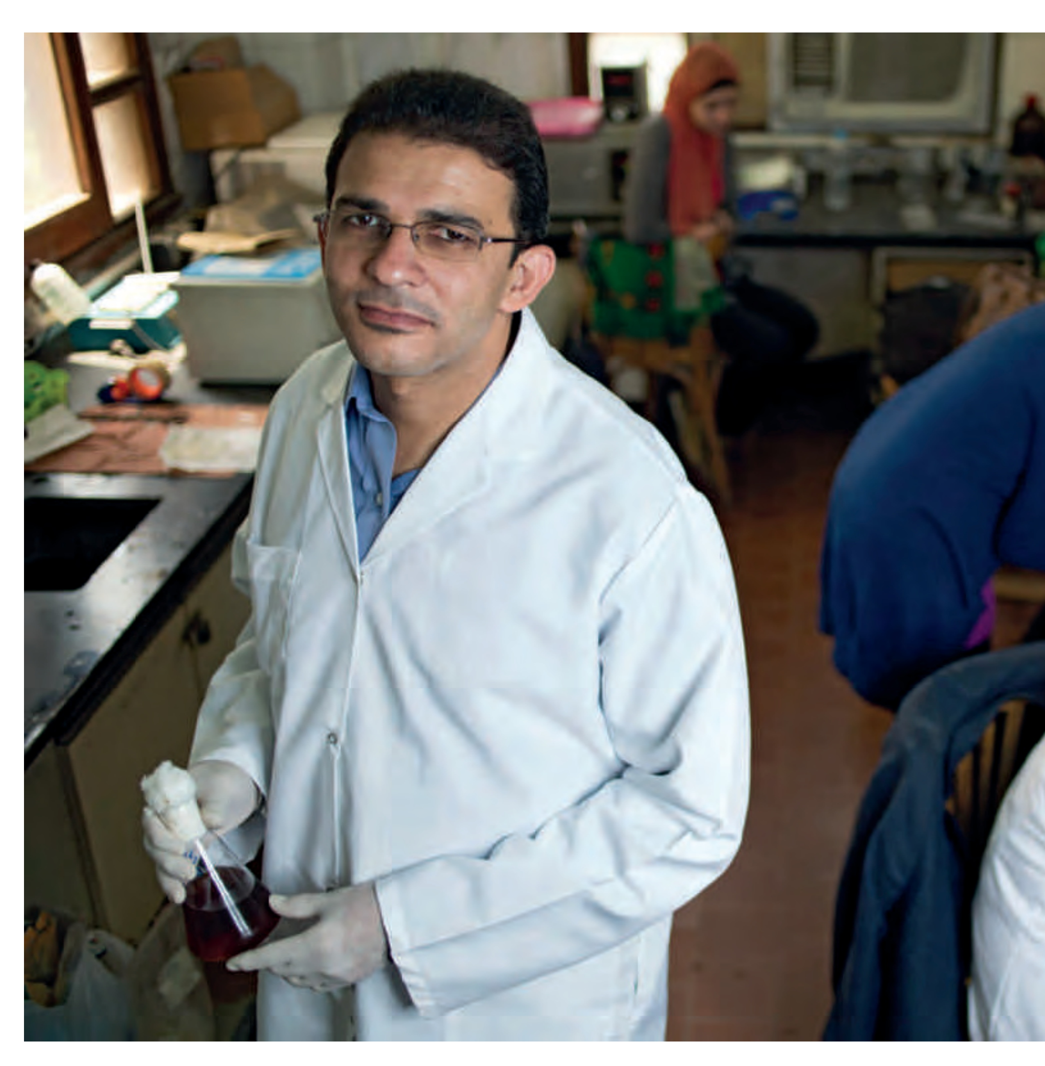
يقول الباحثون الذين ظلوا في سوريا إن ظروف العمل هناك غدت بالغة الصعوبة. وتقول زينة الأحمد، أخصائية مالية في جامعة تشرين في اللاذقية: «الطلاب في كلية الطب والهندسة يحتاجون إلى معدات ومواد، لا يستطيعون الحصول عليها، وليس هذا فحسب، بل لم يعد بإمكاننا المشاركة في المؤتمرات، كما كان في السابق، مما أثّر على جودة الأبحاث في سوريا». وتضرر الجميع من ارتفاع الأسعار الهائل، الذي وصل إلى ذروته بنسبة 121% في أغسطس 2013، مما جعل من المستحيل بالنسبة للعلماء تمويل أبحاثهم، ونشر مقالاتهم العلمية.

يظل انعدام الأمن الهاجس الأكبر الذي يعاني منه الطلاب وأعضاء هيئة التدريس، الذين يتعين عليهم اجتياز مناطق حرب خطيرة؛ للوصول إلى الجامعات. يعيش أحمد المنصور بالقرب من حرم الجامعة التي يعمل بها، ولكنْ هناك طلاب كثيرون اضطروا لترك الجامعة، خوفًا على سلامتهم. يقول أحمد المنصور: «عدد الطلاب الذين يحضرون المحاضرات يتراوح بين 35 ـ 40% من العدد المسجل. وأنا قلق للغاية بشأن التدمير المحتمَل للبنية التحتية، فقد استغرق منا بناء مرافق الجامعة وقتًا طويلًا، ولكنْ إذا ابتعد القتال عن مناطق الجامعات والمدارس، سنتمكّن من الاستمرار، رغم كل هذه الظروف المريعة».

رغم تدهور الأحوال في حلب وغيرها من المناطق التي تسيطر عليها الحكومة، فإن الموقف أكثر سوءًا وتدهورًا في مناطق أخرى. فجماعات داعش تسيطر على مناطق واسعة في شرق سوريا، حيث أغلقت المدارس والجامعات، وأجبرت المعلمين على العمل في مدارسها الجديدة، وإلّا يواجهوا الإعدام لو رفضوا، مما جعل كثيرًا من المدرسين والأساتذة يهربون بحياتهم. وهناك بعض البوادر الآن على أن الأمور قد تتحسن، حيث انخرطت جماعات داعش وغيرها من الجماعات في الحرب الأهلية الدائرة؛ مما شتت انتباههم عن أمور العلم والتعليم نوعًا ما.

في ضوء كل هذه المشكلات، يعتزم رحال الهجرة إلى أوروبا بأقصى ما يستطيع. وتقول زينة الأحمد إن كثيرين من الباحثين الآخرين في طريقهم لمغادرة البلد، وتضيف: «يحاول جيل الشباب إنهاء الدراسة الجامعية، والعثور على وظيفة خارج البلاد». ■

محمد يحيى رئيس تحرير موقع *Nature* الشرق الأوسط. و**دكلان بتلر** كبير المراسلين لدورية *Nature* من فرنسا.



«كانت الثورة هي الشرارة التي غيَّرت كل شيء بين عشيّة وضحاها».

خرجوا من البلد هربًا من الحرب الأهلية الدائرة، إلا أن أحمد المنصور قرَّر ألا يغادر بلده مهما حدث، مدفوعًا بشعوره بالالتزام تجاه طلابه، وقال عن ذلك: «إذا كنا جميعًا سنغادر البلد، فمن الذي سيعلِّم الطلاب؟»

وبينما بدأت مصر وتونس تشهدان استقرارًا سياسيًّا، تدهور الموقف في سوريا، وازداد سوءًا. فالحراك الذي بدأ كثورة ضد نظام سلطوي استبدادي يقمع الحريات، تحوَّل إلى حرب أهلية تشارك فيها طوائف عديدة، دون أي أمل في إنهائها، أو حلّها.

طوال السنوات الأربع الماضية، استمرت الأبحاث والمسيرة التعليمية. وعندما تخرّج ميشيل رحال في عام 2013 في جامعة دمشق بدرجة البكالوريوس في الكيمياء التطبيقية، كان يأمل في الحصول على الماجستير، أو الدكتوراة من أوروبا، لكن الحكومة ألغت كل منح الدراسة في الخارج تقريبًا. وعلى أي حال، شعر ميشيل رحال بمسؤولية ألزمته بالبقاء في بلاده خلال هذه الأوقات العصيبة. ويدرس الآن للحصول على الماجستير في المعهد العالي للعلوم والتكنولوجيا التطبيقية في دمشق، رغم أنه يشعر بأن خياراته محدودة في سوريا.

بعض الذين غادروا سوريا أكّدوا أنه كان من المستحيل بالنسبة لهم البقاء في البلد. فأحمد سلمان ـ الذي طلب تغيير اسمه الحقيقي، خوفًا من بطش النظام بعائلته التي لا تزال في سوريا ـ هو أحد الذين حاولوا البقاء بقدر الإمكان. يقول أحمد سلمان: «رغم صعوبة الحياة في سوريا خلال الحرب، مع عدم وجود الأمن، وصعوبة الحصول على الماء، والارتفاع الهائل في الأسعار، عِشتُ هناك على أمل أن تنتهي الحرب لصالح الشعب»، ولكن عندما أصدر نظام الحكم قانونًا لتجنيد كل الرجال في الجيش، ترك منصبه في جامعة البعث، وهرب إلى تركيا، حيث يعيش الآن بلا وظيفة. يقول أحمد سلمان: «كان



قصة المسام

لطالما كانت المواد التي تشبه الجبن السويسري ـ ويُطلَق عليها الأطر العضوية المعدنية ـ تبشر بتحسين وسائل تخزين الغازات، والفصل والتحفيز الكيميائي. أما الآن، فنجدها تشهد رواجًا متزايدًا.

مارك بِبلو

فوق مساحة كبيرة مطلة على نهر الراين في ألمانيا، وفي مدينة صغيرة بُنيت من الصلب اللامع، يقع مقر شركة «باسف» BASF الكيميائية العملاقة، حيث تزهو نهارًا بحوالي 50 ألف شخص، تتقاطع خلالها شبكة من الشوارع التي تحمل أسماء أشهر أسهم الشركة في التجارة: ميثانول شتراسيه، وأمونياك شتراسيه، وجاس شتراسيه.

على مدى العامين الماضيين، قطع أسطول صغير من عربات التسليم والسيارات آلاف الكيلومترات على تلك الشوارع أثناء قيامها بنقل سر كبير: خزانات وقود معبأة بمادة بلورية غير عادية، مُثقّبة بمسام بحجم النانومتر تقريبًا. وتتكدس داخل مسامها جزيئات الميثان في أكوام منتظمة جاهزة لتغذية محركات السيارات.

تتكون هذه البلورات من أطر عضوية معدنية (MOFs)، وهي بِنًى جزيئية تشبه السقالات، مركّبة من عُقد تحتوي على معدن، وترتبط بدعامات قائمة على الكربون (انظر: «صندوق مفتوح»).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

YAGHI LABORATORY

ويحمل الشكل الناتج مسامّ مثالية تستطيع الاحتفاظ بأي جزيئات مُستضافة، وفي بعض الحالات، إشراكها في تفاعلات كيميائية. ويمكن تصميم هذه الأطر حسب الحاجة، حيث ابتدع الباحثون أكثر من 20 ألف نوع منها، بتطبيقات محتملة، تتراوح من نزع ثاني أكسيد الكربون من عوادم محطات الطاقة إلى فصل المخاليط الصناعية المستعصية، وكذا تحفيز التفاعلات الكيميائية، والكشف عن البِنَى الجزيئية. «إن الأطر العضوية المعدنية هي أسرع فئة من المواد الصاعدة في الكيمياء اليوم»، كما يقول عمر ياجي، وهو كيميائي يعمل في جامعة كاليفورنيا، بيركلي، وأحد رواد هذا المجال.

كان يُعتقد لفترة طويلة أن الأطر العضوية المعدنية ضعيفة جدًّا إذا ما استُخدمت عمليًّا، وغالبًا ما تنهار فور إزالة الجزيئات المُستضافة. وكان كثيرون من الباحثين يشككون في قدرة تلك المنتجات على التنافس في مواجهة المواد غير العضوية الصلبة «زيولايت» zeolites التي تتميز بمسامية يمكن استغلالها في مجموعة واسعة من العمليات الصناعية، بما في ذلك الترشيح والتحفيز الكيميائي.

وبعد أكثر من عقد من الأبحاث المكثفة في مختبرات حول العالم، تستعد الأطر العضوية المعدنية لأول ظهور لها في التطبيقات التجارية. وعلى الرغم من عدم نِيّتها الكشف عن طبيعة الإطار المستخدم، أعلنت شركة «باسف» أنها مستعدة لتسويق نظام تخزين الميثان هذا العام، الذي يمكن أن يخزّن وقودًا أكثر من أوعية الضغط التقليدية. ويصف باحثو الأطر العضوية المعدنية هذا الإنجاز بأنه سيكون بمثابة إعادة الروح إلى أبحاثهم، ويُحتمل أن يساعد على إثارة الاهتمام التجاري في التطبيقات الأخرى المحتملة.

حروب التخزين

يعود تاريخ الكثير من اللغط الثائر حول الأطر العضوية المعدنية إلى عام 1999، حيث ظهر نوعان قويان لأول مرة، هما: HKUST-1، الذي تم تطويره في جامعة هونج كونج للعلوم والتكنولوجيا[1]؛ وMOF-5، الذي طوّره ياجي[2]. ويتميز الأخير بمساحة سطح داخلية تُقدَّر بـ2,300 متر مربع على الأقل لكل جرام، وهو ما يكفي لتغطية أكثر من ثمانية ملاعب تنس. يقول ياجي: «كان ذلك نقطة تحوّل، لأنه حطم كل الأرقام القياسية السابقة لمساحات السطوح الداخلية. وبعد سنوات، أخبرني مسؤولو شركة «باسف» أنهم اعتقدوا أنه كان خطأ مطبعيًّا».

إن الوصول إلى مساحة سطح داخلية أكبر يعني زيادة أماكن استضافة الجزيئات. وكان أولريش مولر ـ الذي يقود البحث في شركة «باسف» على المواد المسامية ـ سريع الإدراك لهذه الفرصة. «بدأنا العمل مباشرة على أطر عضوية معدنية بعد بحث ياجي»، واستطاع هذا الثنائي بسرعة صياغة تعاون لا يزال ممتدًا حتى يومنا هذا.

ويُعَدّ مفتاح الوصول إلى تصنيع أطر عضوية معدنية مستقرة هو استخدام كتل من ذرات معدنية، بدلًا من الأيونات المفردة. ويحدد الشكل الهندسي لكتل الذرات الشكل العام للبلورة، التي يمكن ربطها معًا من خلال عديد من الروابط العضوية. وتجعل مجموعة مكونات «تنكيرتوي» التبادلية المتنامية من الأطر العضوية المعدنية أكثر قدرة على التكيّف، مقارنة بالزيولايت، كما تمكّن الكيميائيون من تصميم منتجات بالمسامية المطلوبة، وخصائص كيميائية موجهة إلى تطبيقات محددة. واليوم، تتوفر أطر عضوية معدنية تتحمل درجات حرارة تصل إلى 500 درجة مئوية، أو تتحّمل بسهولة أن تُوضع لمدة أسبوع في الميثانول المغلي، بينما يحتوي البعض الآخر مساحات سطح داخلية تعادل ثلاثة أضعاف تلك التي للـMOF-5، أو مسام كبيرة بما يكفي لاستيعاب بروتينات مكتنزة[3].

وتهيمن شركة «باسف» حاليًّا على سوق الأطر العضوية المعدنية الناشئ. وقد استهدفت منتجات تخزين الميثان، بسبب رخص ذلك الغاز الصخري، الذي أصبح متاحًا على نحو متزايد، وبالتالي يمكن استخدامه لتشغيل السيارات التي تتميز بانخفاض تكاليف التشغيل، بالإضافة إلى أنه يوّلد نسبة أقل من ثاني أكسيد الكربون مقارنةً بالسيارات التقليدية. وفي الوقت الحاضر، يتطلب تخزين الغاز خزانات ضغط عال ضخمة ومكلفة، وهي عقبة رئيسة يمكن للأطر العضوية المعدنية التغلب عليها عن طريق تخزين المزيد من الميثان عند ضغوط أقل.

ولتحقيق ذلك.. يجب تهيئة الحجم والخصائص الكيميائية للأطر العضوية المعدنية لذلك، لأنها المسؤولة عن كيفية تخزين جزيئات الميثان داخل المسام. يقول ياجي في هذا الشأن: «إذا طفا الميثان داخل المسام، ربما عليك أيضًا استخدام أسطوانة فارغة».

وللاحتفاظ بالميثان بشكل مستمر، يستخدم الباحثون أطرًا عضوية معدنية لها مسام تعزز التعرض لأيونات المعادن. حيث تشوه الأيونات سحابة الميثان الإلكترونية، مستقطبةً إياها، بحيث تلتصق جزيئات الغاز بالمعدن. أما إذا كان ارتباط الميثان بالمسام ضعيفًا جدًّا، سيحدث تسرب شديد للغاز، وسيكون من الصعب تفريغ الوعاء. وتحتل أفضل بلورات الأطر العضوية المعدنية مرتبة عالية

NATURE.COM
لمعرفة المزيد عن الأطر العضوية المعدنية، قم بزيارة:
go.nature.com/maemh5

تميزها بما لا يقل عن ضعف سعه وعاء فارغ في الضغط المعتدل، مما يسمح لها بتفريغ الميثان، إذا انخفض الضغط. يقول ياجي: «إن تخزين الميثان كوقود للسيارات يُعتبر مسألة محلولة إلى حد كبير».

ومع ذلك.. فالنجاح التجاري لا يزال أمرًا بعيد المنال، حيث خفت الباعث الاقتصادي لاستخدام الغاز مع انهيار سعر النفط الخام في العام الماضي. ويعلِّق مولر قائلًا: «هذه الفجوة غير موجودة حاليًّا تقريبا، لكن ما زال كل شيء مضطربًا بشكل ما». ويتوقع مراقبو السوق أن ينتعش سعر النفط عاجلًا أو آجلًا، لكن حتى يحين ذلك الوقت، يقول جيفري لونج من جامعة كاليفورنيا، بيركلي، إن هناك مجالًا واسعًا لتحسين نظم تخزين الأطر العضوية المعدنية لغاز الميثان. ويهدف لونج بالتعاون مع ياجي، و«باسف»، وشركة فورد للسيارات، إلى الحد من الضغط اللازم لملء خزان. يقول: «إذا انخفض الضغط إلى 35 بارًا؛ سيتمكن الناس من ملء سياراتهم في المنزل». ويذكر لونج وزملاؤه أنهم استطاعوا تخليق أطر عضوية معدنية تقوم بتخزين كمية ميثان أكبر من أفضل المركبات الحالية عند ضغط منخفض، وهُم في مرحلة الاستعداد لنشر نتائجهم. ويعلق لونج على ذلك بقوله: «بالإمكان التغلب عليه بفارق معقول».

«رأيت أنها فكرة رائعة! ستُحْدِث ثورة في علم الكيمياء العضوية».

ويمكن للأطر العضوية المعدنية أن تؤثر بشكل غير مسبوق على النقل، عن طريق تخزين الهيدروجين للمركبات التي تعمل بخلايا الوقود. وإذا كانت عملية ضغط الغاز المبرد في خزانات ضغط عال معقدة ومكلفة، فاستبدال تلك الخزانات بأطر عضوية معدنية يمكن أن تخزن كميات معقولة من الهيدروجين يشكل تحديًا صعبًا. يقول لونج: «ليس هناك مادة لها قدرة عالية على الامتصاص بشكل كاف؛ لاستخدامها تجاريًّا».

استطاع فريق لونج البحثي تطوير[4] مادة أطر عضوية معدنية قياسية قائمة على النيكل، وترتبط بالهيدروجين بقوة، بما يكفي لتحمل 12.5 جرام من الغاز لكل لتر في خزان عند درجة حرارة الغرفة، وضغط مقداره 100 بار، بيد أن هذا الإنجاز يقل كثيرًا عن طموح وزارة الطاقة الأمريكية في تخزين الهيدروجين لعام 2020، الذي يدعو للوصول إلى 40 جرامًا للتر الواحد. وستساعد الأطر العضوية المعدنية ذات المسام المحتوية على أيونات معدنية، التي يمكنها الارتباط بعدة جزيئات هيدروجين، من اقتراب الباحثين لتحقيق ذلك الهدف.

في غضون ذلك، ينشط البعض لتسويق الأطر العضوية المعدنية لتطبيقات تخزين الغاز المتخصصة. وقد شارك عمر فرحة من جامعة نورث وسترن في إيفانستون، إلينوي، في تأسيس شركة منبثقة من الجامعة باسم «نومات تكنولوجيس» NuMat Technologies في سكوكي، إلينوي، عام 2012 لتطوير أطر عضوية معدنية يمكنها تخزين بعض الغازات السامة المستخدمة في صناعة أشباه الموصِّلات بأمان، بما في ذلك ثلاثي فلوريد البورون، والفوسفين، والأرسين. وقال: «نحن نفعل شيئًا مختلفًا عن الجميع.. إنها سوق أصغر، نستطيع الاستفادة منها بسرعة».

يعتقد فرحة أن منتج الشركة الأول سيُطلق خلال العامين المقبلين، مدعومًا بالطفرة الأخيرة في استخدام النمذجة الحاسوبية للتنبؤ بخصائص الأطر العضوية المعدنية، حيث استطاع فرحة وزملاؤه في عام 2012 إجراء فحص موثق لـ140 ألف إطار عضوي معدني افتراضي قادر على تخزين الميثان[5]، وهم حاليًّا يوفرون الوقت والمال من خلال تصنيع الأطر العضوية المعدنية، التي تبدو واعدة في الاختبارات الحاسوبية المماثلة.

تجربة الفصل

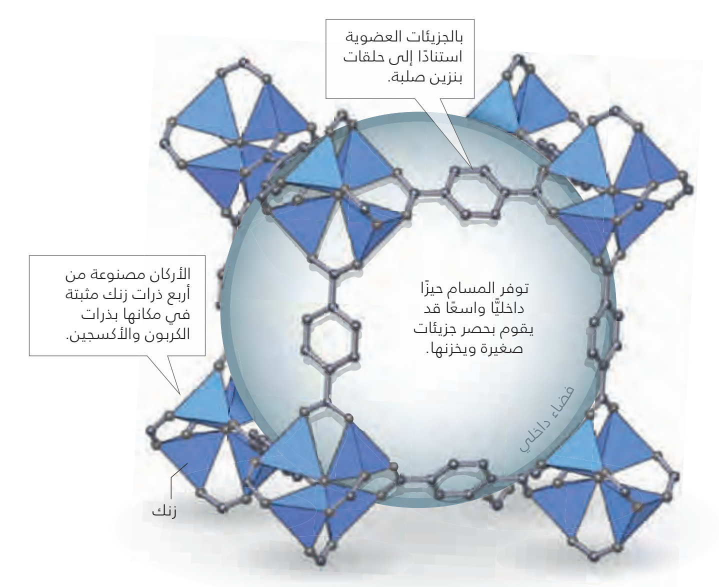
يأمل الباحثون أيضًا أن تستطيع الأطر العضوية المعدنية أن تلتقط جزيئات محددة من الهواء حرفيًّا. يقول لونج: «إنّ فصل الغاز سيكون المجال الذي ستملك فيه هذه المواد ميزة تنافسية».

ويمكن أن تكون تلك الأطر جذابة بشكل خاص لمحطات الفصل الصناعية، التي تسخن النفط الخام؛ لكسر الجزيئات الكبيرة إلى هيدروكربونات خفيفة، حيث يكون فصل هذه الغازات أمرًا بالغ الصعوبة. على سبيل المثال.. يختلف البروبين عن البروبان فقط بذَرَّتَي هيدروجين، لكن لا تختلف درجة غليانهما إلا بحوالي 5 درجات مئوية. وحاليًّا، تقوم المصافي بعزلهما عن طريق تبريد الخليط، حتى يصبح سائلًا، ثم تسخينه ببطء حتى تبخُّر الغاز الأول، ثم الآخر، لكن تقلبات درجات الحرارة تجعلها واحدة من أكثر العمليات كثافة في استهلاك الطاقة بالصناعات الكيميائية.

وقد كشفت مجموعة لونج أن البلورة المعروفة باسم Fe-MOF-74 تقوم بالمهمة بشكل أسهل، وبتكلفة أقل. فكاتيونات البلورة المعدنية المكشوفة يمكنها الارتباط بإلكترونات جزيء البروبين المار، مما يبطئ من حركة مروره. وفي درجة حرارة معتدلة، مثل 45 درجة مئوية، يظهر البروبان أولًا، ويحرر تسخين الأطر العضوية المعدنية 99% من تيار نقي من البروبين[6]. ويمكن لبلورة أخرى، هي $Fe_2(BDP)_3$، فصل أيزومرات الهكسان[7] بكفاءة، حيث تأتي في أشكال خطية ومتفرعة مختلفة. تتعثر الجزيئات الخطية في أركان قنوات

الصندوق المفتوح

عرفت البلورة MOF-5 كأول إطار عضوي معدني صلب بما يكفي للاستخدام العملي. تتكون وحدات بنائها الأساسية من مكعبات تشكلت خلال ارتباط ثماني عُقد معدنية مع دعامات معتمدة على الكربون.



SOURCE: REF. 2

الأطر العضوية المعدنية المثلثة، تلك البنية الهيكلية التي قال عنها لونج إنه سيكون من المستحيل تحقيقها مع الزيولايت.

لعل الاختبار الحقيقي لاستخدام الأطر العضوية المعدنية سيحدث من خلال التقاط بعض من 13.7 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون التي تنتجها محطات توليد الطاقة من الوقود الأحفوري كل عام. فأنظمة التقاط الكربون التقليدية تعتمد على المذيبات التي تتفاعل مع تيار عادم محطات توليد الكهرباء من ثاني أكسيد الكربون في درجة حرارة 40 درجة مئوية. وتؤدي إزالة وتسخين المذيب إلى 120 درجة مئوية ـ أو أكثر ـ إلى إطلاق الغاز؛ للجمع والتخزين، لكن تأرجح درجة الحرارة ذهابًا وإيابًا يلتهم 20 ـ 30% من الطاقة في المحطة، ويتطلب بِنْيضة تحتية مكلفة.

في مارس الماضي، أظهر فريق لونج[8] أن الأطر العضوية المعدنية المعتمدة على المغنيسيوم والمنجنيز يمكنها أن تمتص وتطلق أكثر من 10% من وزنها في صورة ثاني أكسيد الكربون من غازات المداخن بتأرجح في درجة الحرارة مقداره 50 درجة مئوية فقط، حيث تصطف مسامها مع جزيئات الأمين التي تشبه المذيبات المستخدمة بالفعل لالتقاط الكربون، وتتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون لإنتاج سلاسل من جزيئات كاربامات الأمونيوم مرتبطة بإحكام.

وبالمثل، تستطيع الأطر العضوية المعدنية – التي لم ينشر عنها علميًّا حتى الآن ـ إطلاق حمولتها من الكربون تحت درجة حرارة 100 درجة مئوية، ويأمل لونج اختبارها في المركز الوطني الأمريكي لالتقاط الكربون في ويلسونفيل بولاية ألاباما، حيث إن لها قدرة عملية أعلى، وتأرجح درجات حرارة منخفض من أنظمة المذيبات. لذلك.. يأمل لونج أن يكون قادرًا على تقليل حجم وحدة الالتقاط، وخفض تكاليف البنية التحتية لتلك المادة. وقد شارك في تأسيس شركة مبتدئة، «موزاييك ماتيريلس» في بيركلي، لإنتاجها.

إسفنجيات بلورية

إن إنتاج أي مادة جديدة على المستوى الصناعي هو عمل بطيء، لكن يمكن للتطبيقات أن تزدهر بشكل سريع وملحوظ، إذا كانت الكميات المطلوبة صغيرة. وقبل عامين فقط، طوّر ماكوتو فوجيتا في جامعة طوكيو إطارًا عضويًّا معدنيًّا يمكن أن يساعد على تحديد بنية الأدوية والجزيئات العضوية الأخرى، وحاليًّا تتوافد عليه العروض التجارية.

ترفض جزيئات عضوية عديدة بقوة تشكيل بلورات، عادة ما يتم التعرف عليها باستخدام تقنية دراسة البلورات بالأشعة السينية التقليدية؛ لتحديد الترتيب المكاني الدقيق للذرات. وفي عام 2013، أظهر فريق فوجيتا أن الأطر العضوية المعدنية القائمة على الزنك يمكنها امتصاص جزيئات «مياكوساين أ» miyakosyne A ـ وهو منتج بحري طبيعي ـ وتثبيتها في المسام، بحيث يمكن للأشعة السينية أن تكشف عن هيكلها[9].

«رأيت أنها فكرة رائعة! ستُحْدِث ثورة في علم الكيمياء العضوية»، كما يقول فيل باران، وهو عالم كيمياء عضوية في معهد سكريبس للأبحاث في لاجولا، كاليفورنيا. ومع ذلك.. كان الآخرون أقل انبهارًا، حيث وجد متخصصو علم البلورات صعوبة في العمل بالأطر العضوية المعدنية، ومن ثم وجد فريق فوجيتا خطأً[10] في بحثهم عن تركيب مادة «مياكوساين أ»؛ جعل الآخرين يشعرون بالقلق من هذه التقنية. لكن هذا لم يثن فوجيتا أو غيره عن استكمال العمل. ومنذ ذلك الحين أنتج هو وغيره إرشادات مفصلة[11] تدحض مزاعم المشككين. ورغم تعذُّر تعامل هذه التقنية مع كل الجزيئات، لكن فوجيتا يعتقد أن 20 ـ 30% من المركبات العضوية التي يختبرونها يمكن أن ينجح معها اختبار الأشعة-السينية؛ لتحديد التركيب البلوري بهذه الطريقة، وذلك باستخدام ما لا يزيد على 5 نانوجرامات للجزيء الضيف.

في العام الماضي، منحت وكالة العلوم والتكنولوجيا اليابانية فوجيتا 15 مليون دولار أمريكي؛ لمساعدته على مدى خمس سنوات لتسويق طريقته. وتستخدم بعض شركات الأدوية تلك التقنية حاليًّا؛ للمساعدة في تطوير الأدوية. وتخطط شركة كواشف كيميائية يابانية لتصنيع إسفنجة فوجيتا البلورية، وسلسلة من الاختراعات ذات الصلة، يجري تطويرها في مختبره، وستكون جاهزة للاستخدام في غضون السنوات الثلاث المقبلة.

التقدم السريع للأطر العضوية المعدنية

لطالما وُصف التحفيز الكيميائي بأنه أحد أكثر التطبيقات الواعدة للأطر العضوية المعدنية، حيث يمكن لمسامه القابلة للتهيئة إبقاء الكواشف في مكانها، من خلال تمزق روابط معينة وتكوُّن أخرى جديدة، تمامًا مثلما يحدث بالموقع النشط في إنزيم، لكن حتى وقت قريب، كان التقدم باستخدام تلك المحفزات بطيئًا جدًّا، كما يصف الكيميائي جوزيف هَبْ من جامعة نورث وسترن، لعدة أسباب، منها قلة عدد الأطر العضوية المعدنية المستقرة كيميائيًّا، التي يمكن استغلالها خلال دورات متعددة من التفاعلات[12]. ونتيجة لذلك.. كما يقول هَبْ: «لا يوجد حتى الآن مثال على تفاعل تتفوق به الأطر العضوية المعدنية بالشكل الذي يدفع كيميائي لاختيارها بديلًا عن المحفزات التقليدية».

ومع ذلك.. يصنع الباحثون حاليًّا محفزات واعدة من خلال استخدام أطر عضوية معدنية مستقرة، وتغيير وتبديل المجموعات الكيميائية التي تحيط مسامها3. كما ذهبوا إلى مرحلة أبعد من ذلك.. فقد أزالوا تدريجيًّا روابط مفصلية بأكملها، أو عقدًا معدنية؛ لتعديل صفاتها الكيميائية والفيزيائية، دون انهيار البنية كلها[13]. وقد سمحت هذه التطورات للكيميائيين بتصميم وتقديم مجموعة أوسع بكثير من الأطر الصلبة والنشطة كيميائيًّا. وفي إطار ذلك.. يقول هَبْ: «هناك الكثير من الأطر العضوية المعدنية حاليًّا لم نكن نستطيع التوصل إليها قبل خمس سنوات». وبالفعل، فإن واحدة من التحديات المتزايدة في هذا الحقل هو العدد الكبير من الأطر العضوية المعدنية التي تثير الارتباك. كما يؤكد ياجي على ذلك بقوله: «لدينا الكثير منها»، ويوافقه هَبْ الرأي. قد يحتاج الباحثون إلى التراجع عن تصنيع الأطر العضوية المعدنية التي لم تُكتشف خصائصها بالكامل بعد، كما يقول، والتركيز على تحسين تلك الأنواع التي أثبتت استقرارًا أو نشاطًا.

التحدي الآخر الذي نواجهه هو ضرورة تنافس الأطر العضوية المعدنية مع التقنيات الحالية، مثل الزيولايت. وهذا يجعل الأولوية لخفض التكلفة من خلال تصنيع الأطر العضوية المعدنية من المعادن الوفيرة وروابط عضوية رخيصة، يمكن تصنيعها في عمليات آمنة وغير مكلفة. تصنع شركة «باسف» ـ على سبيل المثال ـ أطرًا عضوية معدنية بالأطنان في الماء، بدلًا من المذيبات الأخرى.

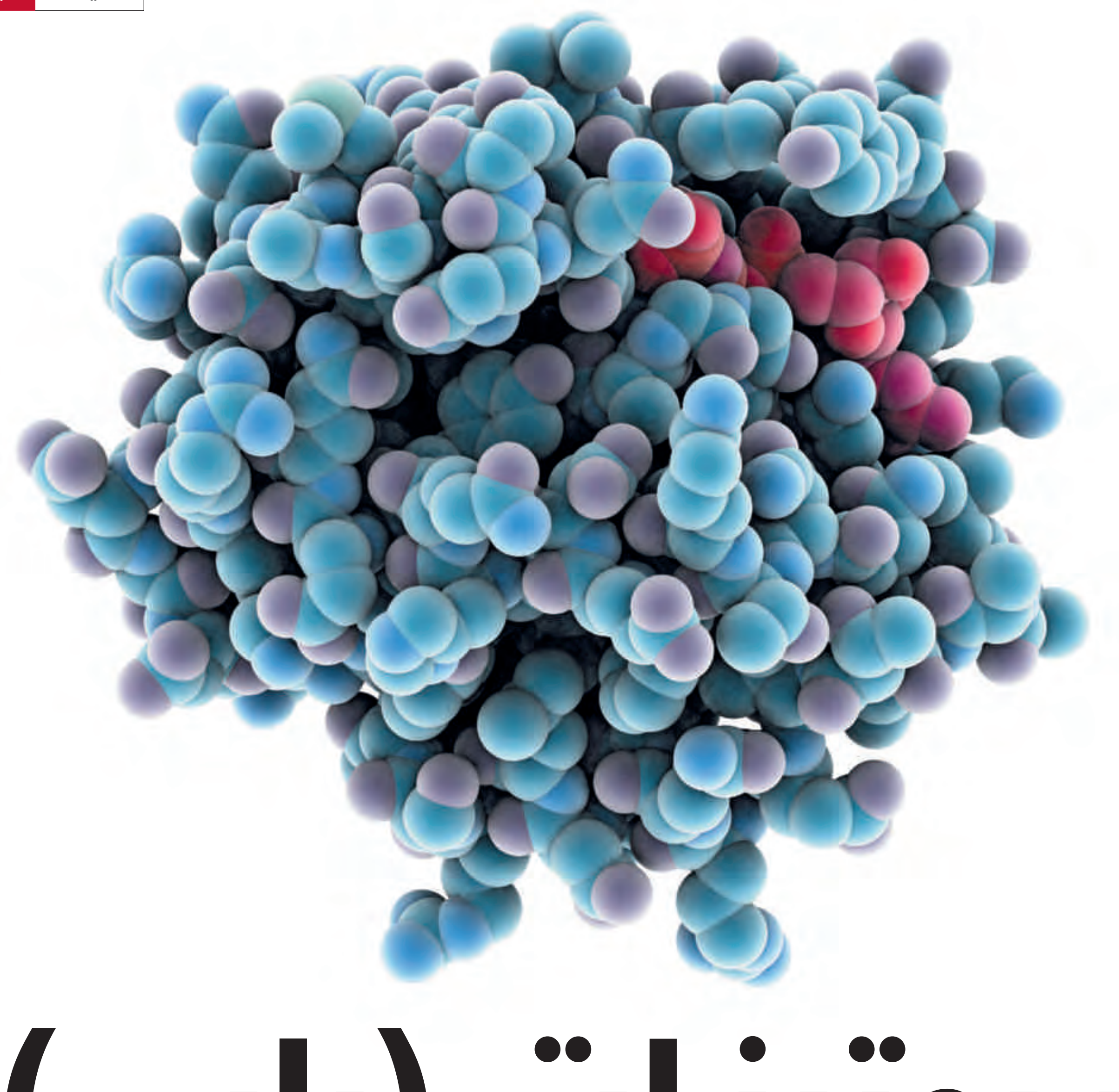
وهذا لا يتعارض مع استطاعة الأطر العضوية المعدنية على التنافس من خلال تميزها بالأصالة. ويقوم ياجي بتطوير بعض الأطر التي تحتوي على عدة أنواع من المسام داخل البلورة نفسها، ولذلك.. تخضع الجزيئات لتسلسل من التفاعلات محدَّد مسبقًا، كما لو كانت تمر من منطقة إلى أخرى[14]. ويمكن لهذه الأطر أن تتصرف مثل إصدارات مجهرية من مصنع للكيماويات، مما يسمح للعلماء بتركيب الجزيئات قطعة قطعة في عملية مستمرة.

يقول ياجي: إنّ «هذا هو حلمنا، ويمكنه التحقق فقط من خلال الأطر العضوية المعدنية». ■

مارك بيلو صحفي علمي، يعيش في كمبريدج، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: lindsay.leblanc@ualberta.ca

1. Chui, S. S.-Y., Lo, S. M.-F., Charmant, J. P. H., Orpen, A. G. & Williams, I. D. *Science* **283,** 1148–1150 (1999).
2. Li, H., Eddaoudi, M., O'Keeffe, M. & Yaghi, O. M. *Nature* **402,** 276–279 (1999).
3. Furukawa, H., Cordova, K. E., O'Keeffe, M. & Yaghi, O. M. *Science* **341,** 1230444 (2013).
4. DOE Hydrogen and Fuel Cells Program. *FY 2014 Annual Progress Report* (DOE, 2014).
5. Wilmer, C. E. *et al. Nature Chem.* **4,** 83–89 (2012).
6. Bloch, E. D. *et al. Science* **335,** 1606–1610 (2012).
7. Herm, Z. R. *et al. Science* **340,** 960–964 (2013).
8. McDonald, T. M. *et al. Nature* **519,** 303–308 (2015).
9. Inokuma, Y. *et al. Nature* **495,** 461–466 (2013).
10. Inokuma, Y. *et al. Nature* **501,** 262 (2013).
11. Inokuma, Y., Yoshioka, S., Ariyoshi, J., Arai, T. & Fujita, M. *Nature Protoc.* **9,** 246–252 (2014).
12. Lee, J. *et al. Chem. Soc. Rev.* **38,** 1450–1459 (2009).
13. Deria, P. *et al. Chem. Soc. Rev.* **43,** 5896–5912 (2014).
14. So, M. C. *et al. J. Am. Chem. Soc.* **135,** 15698–15701 (2013).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



LAGUNA DESIGN/SPL

بروتينات (راس)

في دائرة الضوء مجددًا!

فشلت محاولات عديدة لمدة ثلاثين عامًا في إنتاج دواء يقضي على أخطر عائلة من البروتينات المسبِّبة للسرطانات، لكنّ الباحثين يُجْرُون محاولة أخرى حاليًّا.

هايدي ليدفورد

عندما ترك ستيفن فيسيك صناعة الأدوية، لإطلاق مختبر أكاديمي لاكتشاف الأدوية، أعد قائمة تحتوي على خمسة من أهم البروتينات المطلوبة المسبِّبة للسرطان والمعروفة للعلماء والباحثين. وهذه البروتينات مسؤولة عن نمو الأورام، ولكنها تحولت إلى كابوس لمصنعي الأدوية، فهي في غاية النعومة والمرونة، أو متغيرة ومتحولة، مما يجعل من العسير للغاية التصاق الأدوية بها ووقفها. فهي باختصار ـ بلغة هذا المجال ـ «عصية على الأدوية».

من أوائل البروتينات «العصية على الأدوية» التي أضافها فيسيك إلى قائمته عائلة بروتينات تسمى «راس» Ras. فطوال

أكثر من 30 عامًا كان معروفًا أن التحورات في الجينات التي تشفر بروتينات (راس) تُعَدّ من أقوى مسببات السرطان في بعض أشرس حالات السرطان وأشدها فتكًا، وتشمل حوالي 25% من أورام السرطان، وحوالي 90% من أورام البنكرياس. وبالنسبة إلى بعض أمراض السرطان المتقدمة، ترتبط الأورام التي تحتوي على تحورات (راس) بحالات الوفاة المبكرة أكثر من الأورام التي تخلو من هذه التحورات.

لم تتوصل الأبحاث طوال عدة عقود إلى عقار يحدّ من نشاط بروتينات (راس). وقد تسببت الإخفاقات السابقة في إبعاد الباحثين عن مجال تطوير الأدوية، وأجبرت شركات الأدوية على التخلي عن مشروعات تطوير الأدوية المتقدمة، لكن مختبر فيسيك في جامعة فاندربيلت في ناشفيل بولاية تينيسي، وعدد من أعضاء الفرق البحثية الأخرى ركزوا جهودهم مجدداً على هذه البروتينات، مسلحين بتكنولوجيا متطورة، وفهم أفضل لكيفية عمل بروتينات (راس). ففي العام الماضي، أطلق المعهد الأمريكي الوطني للسرطان مبادرة (راس) بقيمة 10 ملايين دولار؛ للعثور على طرق جديدة للتغلب على السرطانات التي تسببها بروتينات (راس). وكشف الباحثون بالفعل عن مركبات بعد تعديلها، يمكن أن تثمر عن باكورة الأدوية التي تستهدف بروتينات (راس).

يدرك الباحثون أن هناك عقبات عديدة ينبغي تخطِّيها وتجاوزها. يقول تروي ويلسون، رئيس شركة ويلسبرينج للعلوم الحيوية في لا جولا بولاية كاليفورنيا، التي تم إنشاؤها في عام 2012؛ لتصبّ تركيزها بالكامل على بروتينات (راس): «ينبغي أن نكن كثيرًا من الاحترام لبروتين (راس)، فهو يحظى بالتقدير اللازم، لكنه أيضًا واحد من أهم الجينات الورمية المسببة للسرطان».

يقول أنصار التركيز المتجدد على بروتينات (راس) أن أي بشائر للنجاح ستثمر دروسًا يمكن الاستفادة منها في معرفة طرق جديدة لاستهداف البروتينات الأخرى المهمة، التي تُعتبر من البروتينات العصية على العلاج. ولأن بعض العلماء يفترضون أن بروتينات (راس) صعبة للغاية على الاستهداف، فإن ذلك لا يعني، حسب قول تشانينج دير ـ باحث السرطان في جامعة نورث كارولينا في تشابل هيل ـ أن يقنط العلماء، أو يصيبهم اليأس، وذلك «لأن الآراء تتغير باستمرار»، حسب تعبيره.

ثمرة بعيدة المنال

في عام 1982، كان فريق دير أول فريق يثبت أن التحورات في الجينات البشرية التي تقوم بترميز بروتينات (راس) يمكن أن تسبب السرطان[1]. تَوَّجَ هذا الاكتشاف أبحاث الجينات الورمية التي تسبب الأورام السرطانية في الجينوم البشري. فهي لم توصف من قبل سوى في النماذج الفيروسية والحيوانية.

أرسى الاكتشاف الجديد الأساس لسلسلة طويلة من الأبحاث الحديثة على السرطان، التي تركز على تتبع التحورات الجينية وتخطيط المسارات الجزيئية المتغيرة. وقد أنعش هذا الاكتشاف الأمل في العثور على أدوية تستهدف الجينات الورمية، وتعالج بعض أنواع السرطان.

كانت السنوات التالية حافلة بالاكتشافات، فقد أصبح واضحًا أن البشر ينتجون ثلاثة بروتينات (راس) شديدة التشابه، وأن هذه البروتينات تنشط عندما تحتاج الخلايا إلى الانتشار (لتغيير الأنسجة التالفة على سبيل المثال). تغير الإشارات القادمة من خارج الخلية بروتين (راس) إلى حالة التشغيل التي يتحول فيها إلى جزيء يُسمى GTP. أما الأشكال المسبِّبة للسرطان من بروتينات (راس)، فتكون في حالة تعطيل أو إيقاف، ولا يمكنها معالجة جزيء GTP. ولهذا.. يبدو منطقيًّا البحث عن أدوية تستطيع وقف قدرة جزيء GTP على الالتصاق لإيقاف التحول في بروتين (راس).

ومع تطور واتساع فهم الكيمياء الحيوية لبروتينات (راس)، زاد الإحساس بالتشاؤم وشحبت الآمال. فقد اتضح أن الارتباط العائلي لجزيء GTP قوي للغاية، وبدا العثور على مركب آخر يحجب تأثير جزيء GTP ضربًا من ضروب المستحيل. فبروتينات (راس) تعمل من خلال التداخل مع البروتينات الأخرى، لكن أدوية الجزيئات الصغيرة القادرة على اختراق الخلايا غالبًا ما تكون صغيرة للغاية، ولا تستطيع الإحاطة بمنطقة السطح الواسعة الناتجة عن التفاعلات بين البروتينات. إنّ (المضادات الحيوية تُعتبر أدوية ممتازة، ويمكنها تغطية منطقة كبيرة من الخلايا والأجزاء المستهدفة، لكن أغلبها لا يستطيع اختراق أغشية الخلايا).

> «كان لسان حال العلماء والباحثين: «لم ينجز أحدٌ شيئًا يُذكر في هذا المجال طيلة عشر سنوات. لذا.. لا بد أن نحقق أي إنجاز».

هناك أسباب أخرى للقلق، بسبب بنية وتكوين بروتينات (راس)، فمطورو الأدوية يفحصون شكل البروتين لحساب احتمال العثور على مركب يلتصق بموقع حيوي. فهم يحبون رؤية بروتين بجيوب عميقة، يستطيع الدواء الانسياب بينها، والالتصاق بنقاط عديدة، وبروتينات (راس) ملساء وناعمة نسبيًّا.

قبل عشرين عامًا، اعتقد العلماء أنهم تمكنوا من حل المشكلة. فبروتينات (راس) تحتاج إلى الالتصاق بداخل غشاء الخلية من خلال ذيل سميك، حتى تعمل بكفاءة. ينشأ هذا الذيل بواسطة إنزيم فارنيسيل ترانسفيريز، الذي يسهل استهدافه بالأدوية عن بروتينات (راس). ولهذا.. نشأت فكرة إعاقة نشاط بروتين (راس) من خلال العثور على أدوية تثبط نشاط هذا الإنزيم.

في البداية، بدت هذه الاستراتيجية ناجحة للغاية. فقد نجحت مثبطات إنزيم فارنيسيل ترانسفيريز في تحجيم انتشار الخلايا في خلايا السرطان في الفئران والبشر[2]. ومع بداية الألفية الجديدة، تنافست ست شركات مصنِّعة للأدوية على الأقل على طرح الأدوية في السوق. وتخلّت عدة شركات عن المشروعات المرتبطة ببروتين (راس) لأنها اعتقدت ـ كما أوضح الكيميائي هيربيرت وولدمان من معهد ماكس بلانك للفسيولوجيا الجزيئية في دورتموند بألمانيا ـ أن مشكلة بروتين (راس) قد حُلّت وحُسمت، وعَلَّقَ على ذلك بقوله: «تنفس القطاع بأكمله الصعداء، وانتظروا».

انتهى هذا الانتظار بخيبة أمل تُعَدّ الأكبر في تاريخ صناعة الأدوية. فقد فشلت الأدوية، الواحد تلو الآخر، في التجارب الإكلينيكية على البشر. وقال دير، الذي كان لا يزال يدرس بروتين (راس) في ذلك الوقت، إنّ ما حدث لَقَّنَه ولَقَّن الآخرين درسًا لا يُنسى بشأن الخصائص الحيوية لبروتين (راس).

إنّ الصور الثلاث لبروتينات (راس) البشرية متطابقة تقريبًا من حيث البنية، وتسلسل الحمض الأميني. وقد افترض الباحثون أن وظائفها ستكون متماثلة بالضرورة أيضًا. وتم تطوير أغلب الأدوات المستخدمة لدراسة بروتينات (راس)، مثل بنية الخلايا والفئران المعدلة وراثيًّا والمضادات الحيوية، باستخدام بروتين (هـ - راس) H-Ras، الذي يسهل التعامل معه، مقارنةً بالصور الأخرى من بروتينات (راس). وقال دير: «اعتَقَد الجميع، وأنا منهم، أن دراسة بروتين (هـ - راس) ستغني عن دراسة الصور الأخرى لبروتينات (راس). وللأسف الشديد، تم إنفاق الكثير من المال بسبب هذا الفهم الخطأ».

اتضح أن الصورتين الأخريين من بروتين (راس) – وهما (ك – راس) K-Ras، و(ن – راس) N-Ras أخطر في الأهمية من حيث التسبُّب في الإصابة بالسرطان، وأن الخلية لديها خطة طوارئ للإبقاء عليهما في حالة تشغيل. ففي ظل غياب إنزيم فارنيسيل، استطاع إنزيم آخَر الالتصاق؛ ليجعل الأدوية التجريبية عديمة الجدوى، ولا طائل منها.

أدَّت هذه الواقعة إلى تشويه مجال دراسة بروتين (راس)، واستغرق الأمر بعض الوقت، قبل أن يرغب الباحثون في دراسة هذه البروتينات مرة أخرى، لكن ذلك لم يحدث إلا بعد مرور عقد كامل. يقول وولدمان: «فجأة تجمَّع العلماء والباحثون، ليكون لسان حالهم: «لا يزال هذا البروتين أحد أهم الأهداف في علم الأورام. فلم ينجز أحدٌ شيئًا يُذكر في هذا المجال طيلة 10 سنوات. لذا.. لا بد أن نحقق أي إنجاز». وفي هذه المرة، طبَّق الباحثون منهجًا جديدًا من خلال دراسة نقاط الضعف في الأورام التي يسببها بروتين (راس).

إحدى هذه النقاط تُعرف باسم «الفتك التوليفي»، فعندما تشهد بروتينات «راس» حالة نشاط فائق، تعتمد الخلايا السرطانية في الغالب على مسارات الجزيئات الأخرى؛ من أجل البقاء والاستمرار. وحَجْب هذه المسارات الأخرى ربما لا يؤثر على الخلايا العادية، ولكنه يقتل الخلايا السرطانية التي يسببها بروتين (راس). وشرعت المختبرات تفحص أنماط «الفتك التوليفي» للجينات المتحورة، التي تشكل الشفرة الوراثية لبروتين (راس)، وتقوم فكرة العلاج على استهدافها لقتل الخلايا السرطانية، مع الإبقاء على الخلايا العادية سليمة، دون ضرر.

أثمر ذلك المنهج الجديد عن فيض من الأوراق البحثية التي أسهبت في وصف الأهداف الجديدة المحتملة، أعقبتها موجة أخرى من التقارير والدراسات التي تبين أن نتائج الفتك التوليفي للبروتين غير قابلة لإعادة التمثيل أو المحاكاة[3]. ففي أكتوبر الماضي، أعلن ويليام سيلارز، الرئيس العام لقسم الأورام في شركة «نوفارتيس» السويسرية لتصنيع الأدوية، في مؤتمر صحفي أن فريقه حاول وأخفق في إعادة تمثيل أبرز نتائج الفتك التوليفي لبروتين (راس) التي تناولتها الأبحاث المختلفة. فأي تغييرات في السياق، مثل نوع الخلية المستخدمة أو ظروف الفحص الخاصة، على حد قول جوليان داونوارد، باحث في السرطان في معهد فرانسيس كريك في لندن، يمكنها بسهولة تغيير نتيجة التجربة. ولا يزال الباحثون يفرزون النتائج؛ لتحديد الأهداف التي تعوق إعادة التمثيل. ويؤكد داونوارد شكوكه البالغة في أن تثمر هذه الجهود عن أي نجاح يذكر بقوله: «يبدو أن كل باحث يحصل على نتيجة مختلفة من هذه التجارب. وأشك أن تكون هذه الأهداف هي الأكثر نجاحًا».

دواء مُخصَّص

ظل باحثون عديدون يتطلعون لاستهداف بروتين (راس) ذاته، بينما لا تزال ذكريات خيبة الأمل والإحباط الناتجة عن منهج «الفتك التوليفي» ماثلة في أذهانهم (انظر الرسم التوضيحي «الهجوم على (راس)»). يقول برينت

ستوكويل، وهو أخصائي في الأحياء الكيميائية في جامعة كولومبيا في نيويورك: «لقد قررنا أنه ينبغي التركيز على بروتين (راس) مباشرة».

يقول ستوكويل إن التحسينات التي تم إجراؤها في السنوات الخمس الماضية في النمذجة الحاسوبية وطرق الفحص لمركبات الأدوية تمثل أملًا جديدًا لاستهداف السلسلة الناعمة والمصقولة من بروتينات (راس). والباحثون حاليًّا أفضل استعدادًا للتنبؤ بعلاقة الجزيئات الصغيرة للبروتينات، على سبيل المثال، كما لديهم فَهْم أفضل لآليات البروتينات.

يستغل فريق ستوكويل هذه التحسينات من أجل تصميم الجزيئات الصغيرة التي تم تخصيصها وفقًا لسطح بروتينات (راس)، في الكمبيوتر أولًا، ثم في المختبر ثانيًا. يقول ستوكويل: «ربما في هذه البروتينات تحديدًا لن تعثر على الحل الصحيح في أي مكان آخر في العالم، ولهذا.. يجب عليك أن تصنعه من الصفر».

يعمل فيسيك على تصنيع أدوية جديدة، لكنه بدأ من مكتبة المركبات الحالية. وقد ابتكر فيسيك خلال عمله السابق في مختبرات أبوت في أبوت بارك، إلينوي، طرقًا جديدة؛ لوقف التفاعلات بين البروتينات من خلال نسج قطع المُركبات التي تلتصق بالهدف، حتى لو كان الالتصاق ضعيفًا. وأثمر منهجه عن مركب كبير وجديد يُستبعد وجوده في أي مكتبات كيميائية معيارية تستخدم في تركيب الأدوية وتصنيعها.

يشبِّه فيسيك هذا الأسلوب، الذي أسماه بالفحص المعتمد على الأجزاء، ببناء مفتاح؛ ليلائم القفل، من خلال قَطْع حزّ أو ثلمة واحدة في كل مرة، ويقول عن ذلك: «في النهاية تتجمع كل الحزوز في مفتاح واحد، ليصبح لديك مركّب لم يتم تصنيعه من قبل، ولكنك توصلت إليه، لأنك قمت ببنائه ببطء، وتخصيصه وفقًا للبروتين».

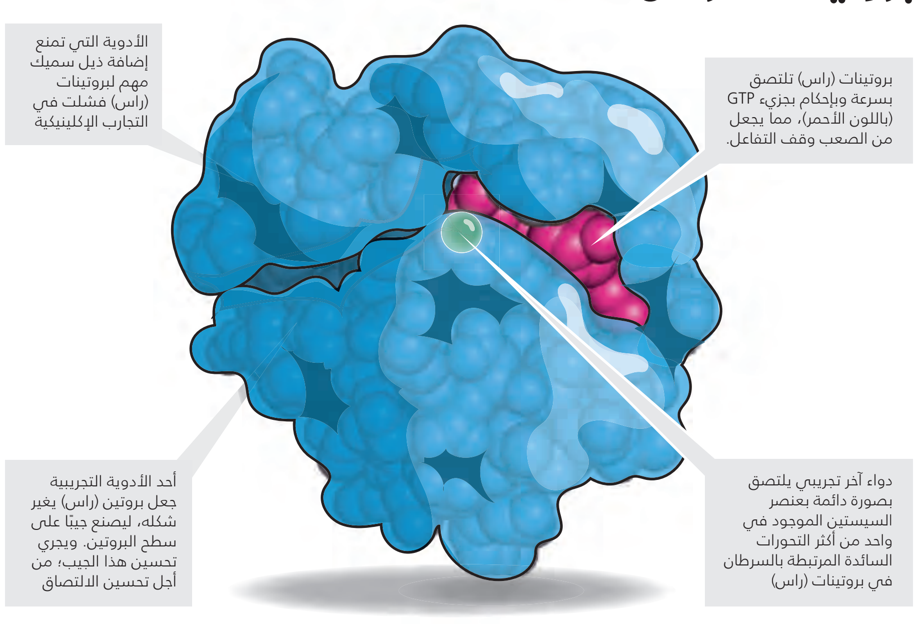
اكتشف مختبر فيسيك والمتعاونون معه في المجال أكثر من 130 جزيئًا تلتصق التصاقًا ضعيفًا ببروتين (ك-راس)[4]. تحث هذه المركبات تغييرًا في بنية البروتين، وتفتح جيبًا للالتصاق خلال هذه العملية. ويحاول الفريق الآن إضافة أجزاء أخرى لتحسين الملاءمة، أو ما يماثل الحزّ الثاني في المفتاح. وقد أشاد دير بسمعة فيسيك وشهرته في تطوير أدوية للأمراض التي لا أدوية لها، خلال عمله في مجال تصنيع الأدوية، قبل انتقاله إلى مجال التدريس الأكاديمي، قائلًا: «إذا كان هناك شخص سيفعلها، سيكون فيسيك».

يدرس الباحثون الآخرون استغلال تحورات معينة في بروتين (ك – راس). ورغم وجود عديد من التحورات المختلفة المرتبطة بالسرطان في الجين الذي يشفّره، فإن هناك ثلاثة تحورات فقط هي المسؤولة عن الأغلبية الكبرى من الأورام السرطانية التي يسببها بروتين (راس). ويشير دير إلى أن كل تحور من هذه التحورات ينتج إنزيمًا بسلوك مختلف قليلًا، يقول عن ذلك: «إذا بدأنا اعتبار التحورات المختلفة مثل الشخصيات المختلفة، فإن هذه الشخصيات المختلفة قد تفتح المجال أمام نقاط ضعف فريدة».

انضم كيفان شوكات ـ أخصائي في الأحياء الكيميائية في جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو ـ إلى الباحثين عن دواء للقضاء على بروتين (راس) قبل ست سنوات. في عام 2013، وصف شوكات مركّبًا يستهدف تحورًا في بروتين (ك – راس) معروف باسم G12C (المرجع 5). ويعمل هذا التحور الموجود في 20 في المئة من حالات الإصابة بسرطان الرئة على إحلال الحمض الأميني السيستين، الذي يتفاعل مع الجزيئات الأخرى محل الجلايسين . يستغل المركّب الذي طوّره شوكات السيستين الناتج عن هذا التفاعل، ويلتصق به التصاقًا ثابتًا، لا انفصام له. ويتطلب المركّب المثبط ـ على حد قول دوانوارد ـ بعض التحسين الإضافي، قبل استخدامه على البشر، لكنه نجح في إثارة قدر هائل من الضجة، باعتباره

الهجوم على بروتينات (راس)

أثبتت بروتينات (راس) صعوبتها الشديدة في استهدافها بالأدوية المضادة. فهي تتمتع بسطح أملس نسبيًا مع جيوب قليلة يمكن أن تلتصق بها جزيئات الأدوية التصاقًا تامًّا.



الأدوية التي تمنع إضافة ذيل سميك مهم لبروتينات (راس) فشلت في التجارب الإكلينيكية

بروتينات (راس) تلتصق بسرعة وبإحكام بجزيء GTP (باللون الأحمر)، مما يجعل من الصعب وقف التفاعل.

أحد الأدوية التجريبية جعل بروتين (راس) يغير شكله، ليصنع جيبًا على سطح البروتين. ويجري تحسين هذا الجيب؛ من أجل تحسين الالتصاق

دواء آخر تجريبي يلتصق بصورة دائمة بعنصر السيستين الموجود في واحد من أكثر التحورات السائدة المرتبطة بالسرطان في بروتينات (راس)

أول دواء مرشح يلتصق مباشرة ببروتين (راس). وكما قال دوانوارد: «نجح هذا الدواء في بث الزخم والحماس مرة أخرى في القطاع بأكمله».

قال كيفان شوكات إنه طالما اعتقد أن منهج تطوير الأدوية المحدد بالتحور ربما يجدي، لكنه تردد في استخدامه في مختبره حتى وقت قريب. وكان مطورو الأدوية يخشون من الأدوية التي تتشبث بالخلايا المستهدفة، ولا تنفصل عنها، لأنها ـ على حد قوله ـ قد تؤدي إلى تفاعلات غير متوقعة مع البروتينات الأخرى في الجسم، لكن الباحثين وجدوا أن أدوية ناجحة عديدة ـ مثل دواء الورم النخاعي والورم الليمفاوي ـ تلتصق بالخلايا المستهدفة التصاقًا كاملًا ودائمًا.

في الوقت نفسه، أصبحت شركات الأدوية منفتحة بصورة متزايدة على فكرة تطوير الأدوية التي تعمل على مجموعات فرعية محدودة من المرضى المصابين بالسرطان، الذين يمرّون بحالات تحوُّر محددة. ويتوقع تيموثي بيرنز ـ باحث في السرطان في جامعة بيتسبيرج في بينسليفانيا ـ أنه «لن يكون هناك دواء محدد ناجح مع كل مريض من مرضى السرطان المرتبط بالبروتين (ك – راس)».

يرى فيسيك أن الحلول للصفات الغامضة في بروتين (راس)، أيًّا كان سببها، ستخرج في النهاية من المؤسسات الأكاديمية. وقد ترك صناعة الدواء جزئيًّا، لأنه أحب السعي وراء الأهداف المهمة، بغضّ النظر عن سهولة أو صعوبة ارتيادها. وكانت مطاردة بروتين صعب تطويعه للأدوية أمرًا صعب التبرير في قطاع الأدوية، حيث يأتي الاهتمام العلمي غالبًا في المرتبة الثانية، بعد احتمالات تحقيق الأرباح على المدى القريب. يقول: «لا ترغب غالبية شركات الأدوية في المخاطرة بالسعي وراء أهداف عصيّة على الأدوية، وإذا فعلت ذلك، فإنها تفعله بصورة مؤقتة».

بدأت المختبرات وشركات الأدوية تشيِّد جسور التعاون بينها. فقد تعاون مختبر فيسيك مع شركة الأدوية الألمانية «بورنجير إنجلهايم » Boehringer Ingelheim؛ لتقييم الجيل الأول من الدواء الذي يلتصق ببروتين (راس). وشارك كيفان شوكات في تأسيس شركة «ويلسبيرينج بيوساينسز»؛ وذلك لطرح المثبط الذي طوّره في السوق. وسرعان ما حظيت شركته بدعم من شركة «جانسن بيوتك» في هورشام بولاية بينسلفانيا.

حظيت هذه الجهود المتلاحقة باهتمام الحكومة الأمريكية. يقول فرانك ماكورميك ـ الباحث في السرطان في جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو، والمدير المشارك للمشروع ـ إن مبادرة (راس) التي تكلفت عدة ملايين من الدولارات تدعم تطوير الأدوات والأبحاث الأساسية عن تكوين بِنْيَة بروتين (راس) للمساعدة في اكتشاف الدواء. ويعلِّق على ذلك بقوله: «نحاول نزع المخاطر عن بروتين (راس) كهدف؛ كي ينضم الآخرون إلينا ويُدلوا بدلائهم في هذا المضمار».

يشير ماكورميك إلى أن شركات الأدوية ظلت لسنوات طويلة تطور أدوية سهلة المنال، تتمثل في فئة مختلفة من البروتينات، تُسمى «الكينازات». وأثمرت هذه الأدوية سهلة الاستهداف عن عديد من أدوية السرطان المفيدة. ويرى ماكورميك أن هذه الموجة بدأت تخفت الآن، وحان الوقت للتركيز على الثمار عسيرة المنال، التي تمثل تحديات صعبة، مثل بروتينات راس، المعروفة بأنها مهمة وجوهرية للغاية.

يقول ستوكويل إنه يأمل أن يلهم الانتعاشُ الأخير في الأبحاث حول بروتينات (راس) العلماءَ الذين يدرسون الأهداف الأخرى صعبة المنال. وصرح قائلًا: «إذا تحقق أي نجاح في هذا المضمار، فربما يمتد زخم هذا النجاح ليحفز الباحثين على النجاح مع الأهداف الأخرى. وإذا أردنا بالفعل أن نقهر الأمراض، فأمامنا فضاء شاسع من الأهداف الإضافية التي لم يطرقها أحد من قبل». ■

هايدي ليدفورد تكتب لدورية *Nature* من كمبريدج في ولاية ماساتشوستس

1. Der, C. J., Krontiris, T. G. & Cooper, G. M. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **79,** 3637–3640 (1982).
2. Appels, N. M. G. M., Beijnen, J. H. & Schellens, J. H. M. *Oncologist* **10,** 565–578 (2005).
3. de la Cruz, F. F., Gapp, B. V. & Nijman, S. M. B. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* **55,** 513–531 (2015).
4. Sun, Q. *et al. Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **51,** 6140–6143 (2012).
5. Ostrem, J. M, Peters, U., Sos, M. L., Wells, J. A. & Shokat, K. M. *Nature* **503,** 548–551 (2013).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



درجات الانفصال

يأمل الكيميائيون في تفكيك هيمنة الصين على العناصر الأرضية النادرة، عن طريق الوصول إلى طرق فعّالة لاستخلاص هذه العناصر من صورتها الخام.

جياوجي لي

في شهر يوليو 2010، صَدَمَت حكومة الصين شركات التكنولوجيا المتقدمة في العالم بإعلانها عن خفْض نسبة حصة الصادرات من العناصر الأرضية النادرة بمقدار 37%، تشكل هذه المجموعة من 17 عنصرًا معدنيًّا، تُعتبر من المكونات المهمة في شاشات العرض، وفي الإضاءة منخفضة الطاقة، وفي أجهزة الليزر ذات الطاقة العالية وفي الكثير من منتجات القرن الواحد والعشرين الأخرى.

تسيطر الصين بصورة شبه كاملة على إنتاج هذه العناصر، كما كانت تنتج 97% من إمدادات العالم منها في عام 2010. لذلك.. ورغم قول بكين إنها تحاول فقط تنظيف هذا القطاع شديد الاتساخ من قطاعات صناعة التعدين عندها، تَسَبَّب هذا الخفض في حصة الصادرات في رفع أسعار هذه العناصر الأرضية النادرة بشدة، وطرح احتمال حدوث زعزعة اقتصادية، غير أن ما حدث في واقع الأمر لم يكن سيئًا بدرجة كبيرة، إذ بدأت مجموعة من الشركات الغربية العاملة في مجال التعدين في إنتاج هذه العناصر في الوقت الحالي، كما أن الصين تعهدت بإنهاء هذا الخفض بحلول 2 مايو من هذا العام، بعد تعرضها لضغوط من منظمة التجارة العالمية. ورغم ذلك.. دعت هذه الحادثة الولايات المتحدة وأوروبا إلى إطلاق مبادرات بحثية تهدف إلى تأمين موارد للعناصر الأرضية النادرة غير خاضعة لسيطرة الصين. وبدأت هذه البرامج تؤتي أكلها في الوقت الحالي.

الأمر الأكثر أهمية في هذا الشأن هو التحدي الذي يواجهه الكيميائيون. والعناصر الأرضية النادرة تكاد تتطابق من المنظور الكيميائي، وعادة ما تُوجد في ترسبات الخامات، ولذا.. لا يمكن فصلها عن بعضها البعض إلا بصعوبة بالغة. وطريقة الفصل المتعارف عليها تشمل ما يقارب 300 خطوة، كما تتضمن استخدامًا واسعًا لمواد كيميائية خطرة. وتمتلك الصين شبكة من منشآت الاستخلاص التي يمكنها أن تتغلب على أي منافس آخر في العالم. ويرجع ذلك

عامل يصب اللانثانوم في قالب صهر في الصين

إلى التساهل التاريخي في شأن الإجراءات البيئية الاحترازية، إلى جانب وجود المصانع التي تدمج هذه العناصر في الأجهزة الإلكترونية. وإذا حدث وتوصَّل الكيميائيون إلى طرق استخلاص أسهل، وأسرع، وأقل إضرارًا بالبيئة، وأرخص تكلفة، (وهذا الاعتبار الأخير هو الأكثر أهمية)، فإن الكفة الأخرى الميزان قد ترجح، إذ سيصبح من الممكن أن تستطيع البلدان الأخرى تحمُّل تكلفة استغلال ترسبات العناصر الأرضية النادرة الخاصة بها، وأن تتمكن من استعادة العناصر الأرضية النادرة من النفايات الإلكترونية.

يقول جاك ليفتون، مستشار شركات صناعة العناصر الأرضية النادرة، الذي يعمل في فارمنتون هيلز، متشيجان: «لكي تتمكن أي شركة غربية من المنافسة، فإنه يتحتم عليها أن تنتج العناصر الأرضية المنفردة بتكلفة تقل عن تكلفة إنتاجها في الصين».

خليط المعادن

إنّ فصل العناصر المتشابكة هو أمر بالغ الصعوبة، ولذا.. لم يستطع علماء الكيمياء التعرف على جميع العناصر وتسميتها، إلا بعد مرور مئة عام. تم اكتشاف أول هذه العناصر، الإتريوم، في عام 1794، إلا أن العنصرين الأخيرين من هذه المجموعة، اللوتيتيوم والإتربيوم، لم يتم فصلهما إلا في عام 1907 (انظر: «الطيور على أشكالها تقع»). ولم يكلِّف المصنعون الأوائل أنفسهم عناء تنقية المعادن، إذ استَخدمت التطبيقات المبكرة في أوائل القرن العشرين خليطًا من المعادن في صوانات ولاعات السجائر والذخيرة.

لم يُشْرَع في استخدام العناصر الأرضية المنفردة، إلا بعد نهاية الحرب العالمية الثانية، حينما استرعت مشكلة كيفية فصل هذه العناصر انتباه فرانك سبيدنج، عالِم الكيمياء فيما يُعرف الآن باسم جامعة ولاية أيوا في إيمس، الذي كان رائدًا في مجال تنقية اليورانيوم في مشروع مانهاتن. أتقن سبيدنج طريقة تُعرف باسم كروماتوغرافيا تبادل الأيونات، يتم فيها صَبّ خليط العناصر الأرضية النادرة عبر عمود زجاجي رأسي معبَّأ بخرزات من البوليمر. وفي هذه العملية تلتصق العناصر الأرضية النادرة بالخرزات، ومن ثم يتم غسلها بمحلول حمض الستريك المخفف. تَحَكَّم سبيدنج في قيمة الأس الهيدروجيني للحمض، بحيث يذوب كل عنصر من البوليمر بمعدل يختلف عن معدل ذوبان العناصر الأخرى بدرجة طفيفة. ونتيجة لذلك.. تنتقل الأيونات عبر العمود بسرعات مختلفة، قبل أن تخرج من أسفله في شكل حِزَم ذات تكوينات متباينة بدرجة طفيفة. إنّ تكرار هذه العملية لعدد كاف من المرات يمكِّن الباحثين من عزل العناصر ذات الدرجة العالية من النقاء بكميات تكفي لدراسة خصائصها.

قادت هذه المجهودات إلى حدوث توسُّع مهول في تطبيقات العناصر الأرضية النادرة، بدايةً من الأعوام المبكرة من ستينات القرن العشرين، عندما تم اكتشاف أن مَزْج حفنة من أكسيد الأوروبيوم مع مواد أخرى ينتِج اللون الأحمر الوهّاج في شاشات التليفزيون. وبحلول عام 1965، دفعت الطلبات المتزايدة بشدة شركات التعدين الغربية إلى التوسع في إنتاج عنصر الأوروبيوم، والى إنشاء أولى منشآت الفصل. ولأن طريقة التبادل الأيوني لم تكن

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تصلح لإنتاج كميات كبيرة من هذا العنصر، لجأت هذه الشركات إلى طريقة أخرى تُعرف باسم الاستخلاص بواسطة المذيب. في هذه الطريقة، يتم تذويب خليط من العناصر الأرضية النادرة في الماء، ثم يتم رجّها مع مذيبات عضوية تحتوي على مستخلصات (مركّبات) ترتبط ببعض هذه العناصر بدرجة أقوى من ارتباطها بالعناصر الأخرى. وفي هذه العملية، تنتقل العناصر الأرضية النادرة إلى المذيب العضوي. وبعد أن يستقر الخليط، يصبح من الممكن أن تزال هذه العناصر بطريقة كيميائية من المستخلصات، وأن تتم إعادة إذابتها في الماء. ويتطلب فصل العناصر بهذه الطريقة مئات من المحاولات.

في العقود التالية، بدأ المهندسون الكيميائيون الصينيون في زيادة العمل بتقنية الاستخلاص بواسطة المذيب في منشآتهم الخاصة، التي استطاعت في فترة وجيزة أن تبيع العناصر الأرضية النادرة ذات النقاء العالي بأسعار منخفضة، مقارنةً بالأسعار التي يمكن للمنتجين الغربيين أن يقدموها. وبحلول عام 1999، استحوذت الصين ـ بصورة شبه كاملة ـ على إمدادات العناصر الأرضية النادرة في العالم.

أرخص، وأسرع، وأنظف

إحدى الطرق التي يمكن بها تغيير الوضع هي زيادة الإنتاج في العدد القليل من منشآت الاستخلاص بواسطة المذيب، التي توجد خارج الصين، مع العثور على طرق لتقليل تكلفة عملية الإنتاج وزيادة فعاليتها. «إن تغيير الطرق الكيميائية هو أسهل من تغيير البِنَى التحتية» حسب قول أليكس كنج، مدير معهد المواد الحرجة CMI (مركز الأبحاث الذي بلغت تكلفته 120 مليون دولار، ويقع في إيمس، أيوا، والذي أنشأته وزارة الطاقة في الولايات المتحدة في عام 2013؛ لمعالجة مشكلات إمدادات العناصر الأرضية النادرة والمواد الأخرى).

يحاول بعض الباحثين الآخرين أن يغيِّروا الكيمياء ذات الصلة بفصل هذه العناصر، عن طريق الوصول إلى مستخلصات ذات قدرة أفضل على التمييز ما بين العناصر الأرضية النادرة. وهذه المهمة ليست بالسهلة، حسب قول سكوت هيرست، المهندس الكيميائي في معهد المواد الحرجة، الذي يعمل على هذا المشروع في مختبر إيداهو الوطني، الواقع بالقرب من إيداهو فولز. «أنت كمن يحاول فَصْل حبات التفاح عن حبات التفاح». يقوم هذا المهندس الكيميائي وزملاؤه بالعمل على حل هذه المشكلة نظريًّا، بواسطة استخدام أجهزة الحاسوب؛ لتصميم مركبات أفضل، عن طريق النمذجة الحاسوبية، وعمليًّا عن طريق استقصاء ما إذا كان متاحًا أن يستخدموا بعض المستخلصات التي تم تطويرها في أنواع أخرى من الصناعات.

تقوم مجموعة أخرى من الباحثين بالسعي وراء الحصول على مذيبات أفضل. على سبيل المثال.. يقوم الكيميائي كيون بينيمانز، الذي يعمل في الجامعة الكاثوليكية في لوفين، بتحضير واختبار مجموعة متنوعة من السوائل الأيونية (الأملاح التي توجد في الهيئة المنصهرة عند درجة حرارة الغرفة.) وتتكون هذه المجموعة من المركبات في العادة من مركبات عضوية تحمل شحنة كهربائية، يرتبط بها أيون غير عضوي ذو شحنة مضادة. يقول بينيمانز إن السوائل الأيونية أكثر أمانًا في الاستخدام، كما إنها أقل تطايرًا، ويمكن إعادة تدويرها بدرجة تفوق نظيراتها من المذيبات العضوية المستخدَمة في الصناعة. وإضافة إلى كل ما سبق، تستطيع هذه السوائل الأيونية أن تحمل ما يقارب ستة أضعاف عدد أيونات العناصر الأرضية النادرة الذائبة. ويحاول بينيمانز أن يطور سوائل أيونية تستطيع أن تقوم أيضًا بدور المستخلصات.

تقوم بعض الشركات بتَبَنِّي طرق فصل مأخوذة من صناعات أخرى. يقول ليفتون: «إذا استطاعت هذه الشركات أن تخفض التكلفة، فسوف تتمكن من أن تنافس بدرجة أكبر». وفي أحد مواقع الرسوبيات في ألاسكا، على سبيل المثال، تمكنت شركة «يوكور رير ميتالز Ucore Rare Metals» التي يوجد مقرها في بيدفورد، كندا، من تحويل الخام إلى جرامات من العناصر الأرضية النادرة المنفردة بنسبة نقاء تصل إلى 99% باستخدام تقنية التعرف الجزيئي. هذه التقنية التي تم تطويرها في شركة «آي بي سي أدفانسد تكنولوجيز IBC Advanced Technologies» في مدينة أميريكان فورك، يوتاه، تم استخدامها في الصناعة؛ لإزالة شوائب البزموث من النحاس، ولاستعادة عناصر مجموعة البلاتين من المحوِّلات الحفزية التي تم التخلص منها.

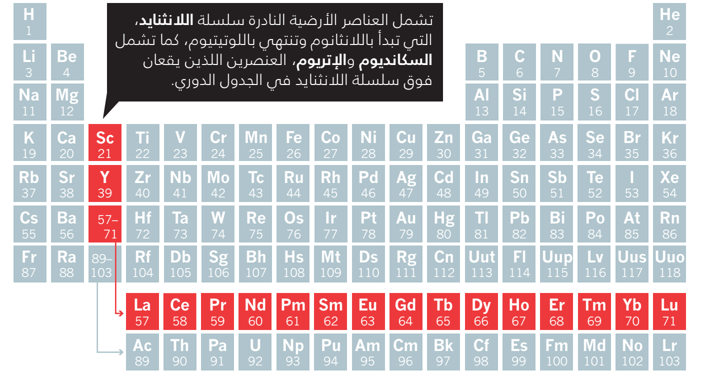
في نظام شركة «يوكور»، يتم تمرير محلول من العناصر الأرضية النادرة المخلوطة عبر سلسلة من 17 عمودًا مختلفًا، يعبأ كل واحد منها بمركب صُمم خصيصًا لكي يترابط مع عنصر محدد. يمكن بعد ذلك أن يتم استخلاص العنصر في هيئة نقية بدرجة 99%، عن طريق غسل العمود بمحلول حمضي مخفف. تقول «يوكور» إنه ليس من الضروري تكرار هذه العملية، إلا لعدد محدود من المرات، اعتمادًا على درجة النقاء المطلوبة، ولذا.. يمكن لهذه العملية أن تصبح فعالة وصديقة للبيئة. وتعمل الشركة مع علماء شركة «آي بي سي»؛ للبرهنة على صلاحية هذه التقنية في منشأة اختبارية في الشهور القادمة.

ابدأ مرة أخرى

إنّ الحَفْر بحثًا عن العناصر الأرضية النادرة ليس خيارًا متوفرًا على الدوام، خصوصًا في أوروبا، التي لا يوجد بها سوى عدد قليل من الترسبات، التي تنتشر فيها معارضة عمليات التعدين، إلا أن الدول النامية في جميع أنحاء العالم تحتوي على موارد ضخمة محتملة للعناصر النادرة على هيئة الأجهزة الكهربائية المستخدَمة. يحتوي العدد الأكبر من مصابيح الفلورسنت على

الطيور على اشكالها تقع

تتشابه العناصر الأرضية النادرة السبعة عشر كيميائيًّا، لأنها محاطة بسحب إلكترونية متشابهة، وعادة ما تستخدم ثلاثة إلكترونات فقط، لكي تكوِّن الروابط.



الأوروبيوم، والإتريوم، والتربيوم، على سبيل المثال، كما تحتوي المغناطيسات الدائمة القوية في العادة على النيوديميوم، والديسبروسيوم. يقول توم فان جيرفن، المهندس الكيميائي في جامعة كي يو لوفين: «حينما يتم الانتهاء من استخدام هذه الأجهزة، نقوم بإرسالها إلى الصين»؛ بغرض إعادة التدوير. ويتابع بقوله: «نود أن نوقف هذه العملية. ولسوف يكون بمقدورنا أن نتوقف، إذا ما استطعنا أن نقوم بعمليات إعادة التدوير في أوروبا».

يكمن التحدي في عملية التدوير في استخلاص الموارد المخففة، إذ لا تحتوي النفايات الإلكترونية في العادة إلا على تركيزات تقل عن تلك التي توجد في الخام، إلا أن كل المكونات المنفردة تحتوي في العادة على مجموعة أقل من العناصر التي ينبغي فصلها.

في العادة، ينبغي أن يتم تذويب المغناطيسات في أحماض قوية؛ لكي يتم استخلاص العناصر الأرضية النادرة منها. ويبحث فان جيرفن عن طريقة بديلة لهذه العملية، إذ يقوم بقذف المغناطيسات الصلبة بالموجات فوق الصوتية، التي عادةً ما تُستخدم في مختبرات الكيمياء؛ لتنظيف المعدات، عن طريق إزاحة الجسيمات من على سطحها. وعلى الرغم من أن هذه التجارب ما زالت مستمرة، إلا أن المأمول هو أن تتمكن الموجات فوق الصوتية من تجريف أسطح المغناطيس، بحيث تسمح للمستخلصات أن تستخرج العناصر الأرضية النادرة من غير حاجةٍ إلى إذابة المغناطيس بكامله.

يوجد كذلك فريق آخر في معهد المواد الحرجة، يقوم بالتركيز على عملية إعادة التدوير. وفي أحد المشروعات، ترتبط المستخلصات بغشاء، بحيث تقوم بالقبض على العناصر الأرضية النادرة عندما يُمرَّر بها محلول. ويمكن لهذه التقنية أن تفصل العناصر من محاليل ذات تركيزات منخفضة جدًّا، حسب قول رئيس المشروع، إريك بيترسون، الذي يعمل في مختبر إيداهو الوطني. كما يتوقع أن يتم تسويق هذه التقنية بشكل كامل خلال عام أو اثنين.

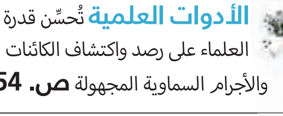
يصعب التنبؤ بتأثيرات هذه الأبحاث على أرض الواقع. وأحد أسباب هذه الصعوبة هو أن الصين هدف متحرك. وتعمل الصين باجتهاد من أجل إصلاح صناعة العناصر الأرضية النادرة، وتعزيز تحكُّمها بها، عن طريق دمج 140 شركة من التي تعمل في هذا المجال في ست شركات، وعن طريق تضييق الخناق على التعدين غير القانوني، وإلغاء منشآت الفصل التي لم تعد ثمة حاجة إليها؛ من أجل تقليل الإمدادات ورفع الأسعار، وعن طريق تنفيذ المعالجات البيئية؛ لجعل هذه الصناعة مربحة ومقبولة اجتماعيًّا. يقول ليفتون: «كانت هذه الصناعة متفلِّتة، كَتَفَلُّت رعاة البقر. وتقوم السلطات الصينية في الوقت الحالي بتطويعها».

يمكن لهذه النفقات الحديثة أن ترفع من تكلفة التشغيل في صناعة الفصل في الصين، الأمر الذي سوف يسهل من منافسة الشركات الغربية في هذا المجال، إلا أن الفصل ليس هو وحده الأمر المهم، حسب قول كنج. إذ ليس للمصنِّعين الغربيين ما ينافسون به شبكة المصانع الصينية التي تحول العناصر الأرضية النادرة التي يتم فصلها إلى مكونات من قبيل الشاشات، والمغناطيسات، والمصابيح. يقول: «ينبغي أن تتوفر كل حلقات السلسلة». والى أن تبنى مثل هذه المصانع في الغرب، لن يتوفر لمنتجي العناصر الأرضية النادرة من قبيل شركتي «موليكورب» في جرينوود فيليج، كولورادو، و«ليناس» في بيرث، أستراليا إلا عدد قليل ممن يرغبون في شراء منتجاتهم، ما عدا الصين. ومع تهديد الطلب العالمي المتزايد لتجريف مقدرة بلادهم التعدينية، بدأ المنتجون الصينيون مسبقًا في البحث عما يغذّون به مصانعهم عن طريق إجراء عمليات التعدين في البلدان الأخرى.

لذا.. حتى لو تمكّن المنتجون الغربيون من تطوير عمليات فصل تستطيع أن تنتج العناصر المنفردة بتكلفة منخفضة، فإن قوانين الاقتصاد قد تحتِّم حدوث انقلاب ينطوي على مفارقة، تستورد فيها الصين العناصر الأرضية النادرة من الغرب. ■

جياوجي لي كاتب مستقل، يعمل في سنغافورة.

تعليقات



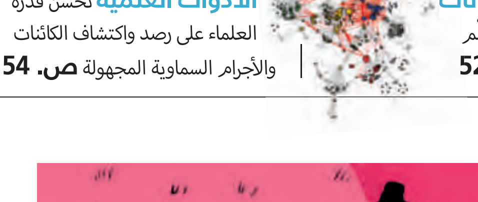




ILLUSTRATION BY PAUL BLOW

كافِئوا مختصِّي المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيويّة

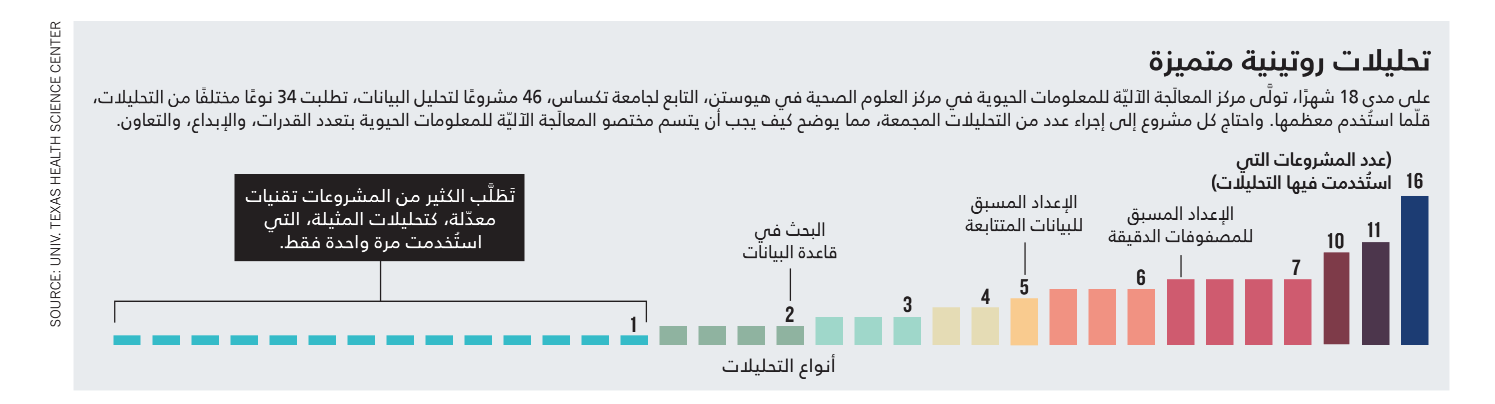
ستواصل البيانات البيولوجية تراكمها، إلا إذا تم الاعتراف بمحلِّليها كمتعاونين خَلّاقين، بحاجة إلى مسارات مهنية واضحة، استنادًا إلى قول **جِفْري تشانج**.

تَعتمِد مبادرة الطب الدقيق الأمريكية ـ التي أُعلن عنها في يناير الماضي ـ على المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية. ويدعو المشروع ـ الذي تصل ميزانيته إلى 215 مليون دولار أمريكي ـ إلى جمع البيانات الطبية والفسيولوجية والجينومية لأكثر من مليون شخص في الولايات المتحدة، ويهدف إلى إيجاد أنماط بين الأفراد؛ لتحسين الرعاية الصحية، ولكنه لا يعالج النقص المتفاقم في المجتمع العلمي.. فالبيانات البيولوجية تتراكم بسرعة تفوق قدرة البشر على تحليلها. فعلى سبيل المثال.. يشكو سندوراي ماني ـ الرائد في مجال السرطان النقيلي والجينوميات في مركز إم دي أندرسون للسرطان، التابع لجامعة تكساس ـ من بحثه المستمر عن مختصين في مجال المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية، فهُم الذين سيتمكنون من تحليل هذه البيانات.

أحد أسباب هذا النقص يبدو واضحًا.. فليس هناك عدد كافٍ من المختصين في المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية. وإذا كان الأمر كذلك، فالحل واضح أيضًا، ويتمثل في تدريب وتوظيف عدد أكبر منهم. وكشخصٍ أُوكِلَت إليه معالجة هذه الحاجة في المؤسسة التي أعمل بها ـ مركز العلوم الصحية في جامعة تكساس، هيوستن ـ أستطيع القول إن الأمر ليس على هذه الدرجة من البساطة.

لقد فشل المجتمع العلمي في وضع مناهج وظيفية جذابة بالنسبة إلى أولئك الذين يُجْرُون هذه التحليلات التي يُحتاج إليها بشكل متزايد. ويتعيّن على المؤسسات والهيئات المموّلة أن تُوجِد مكانًا قابلًا للحياة لمختصي المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية، الذين يركزون على التعاون، وألّا تهمِل مكافأتهم؛ لقدراتهم على التنقل بين المطالب الجمّة للمشروعات متعددة التخصصات.

يدرك علماء الأحياء بشكل متزايد أن الأسئلة التي تعتمد أساسًا على بروتين أو جين واحد، سرعان ما تتسع لتتطلب تجارب واسعة النطاق. ولتقديم الدعم لهم، أُنشأت عشرات المؤسسات مرافق مركزية للمعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية. وقد أُنشئ معظمها ◄



تحليلات روتينية متميزة

على مدى 18 شهرًا، تولّى مركز المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية في مركز العلوم الصحية في هيوستن، التابع لجامعة تكساس، 46 مشروعًا لتحليل البيانات، تطلبت 34 نوعًا مختلفًا من التحليلات، قلّما استُخدم معظمها. واحتاج كل مشروع إلى إجراء عدد من التحليلات المجمعة، مما يوضح كيف يجب أن يتسم مختصو المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية بتعدد القدرات، والإبداع، والتعاون.

◄ خلال العقد الماضي[1]؛ وكان ما يعتبره كثيرون أول «نواة» للمعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية قد أُنشئ قبل حوالي 20 سنة من قِبَل فران ليويتر في معهد وايتهيد في كمبريدج، ماساتشوستس.

حتى سنوات قليلة مضت، كانت المؤسسة التي أنتمي إليها تمتلك خبرة محدودة في مجال المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية. وفي الواقع، استبعد مراجعو المِنَح إمكانية نجاح خطط تحليل البيانات التي اقترحها بعض المتقدمين لهذا السبب. ولمعالجة هذا الأمر جزئيًّا، عمدت الجامعة في عام 2010 إلى توظيف عدد أكبر من أعضاء هيئة التدريس، وأنا مِن ضِمنهم. وقد أنشأنا مركز خدمة المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية الخاص بنا في عام 2012.

ولتقديم مزيد من الدعم للباحثين، استعدّ مركزنا لتطوير سلسلة من الخدمات القياسية، كما وَثَّقنا المشروعات التي تَوَلَّيْنا إجراءها على مدى 18 شهرًا، حيث تطلَّب ستة وأربعون منها القيام بـ151 مهمة لتحليل البيانات. لم يكن هناك مشروع مماثل للآخر، وأصابتنا الدهشة من مدى شيوع الطلبات المنفصلة (انظر: «تحليلات روتينية متميزة»). كان هناك بعض الإجراءات الروتينية التي طلبها كثير من الناس، كالعثور على الجينات المعبَّر عنها في مرض ما، ولكن 79% من التقنيات كانت قد طُبِّقت على أقل من 20% من المشروعات. وبعبارة أخرى.. فقد أتى معظم الباحثين إلى نواة المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية؛ سعيًا وراء تحليل معدّل، لا وراء حزمة موحدة.

هذه التجربة ليست فريدة في نوعها بالنسبة إلى مركزنا. ولا توجد «تحليلات ‹بمقاس واحد يناسب الجميع›»، حسب قول إيان كورف، المدير المؤقت لنواة المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية في جامعة كاليفورنيا، ديفيس.

وثمة مسألة أخرى، فالمشروعات عادة ما تزداد تعقيدًا مع تقدُّمها، وكثيرًا ما يتم تحليل أحد أجزاء المشكلة فقط، ويتطلب الأمر متابعة العمل. فمثلاً، عندما وجدنا ـ بشكل غير متوقع ـ ارتباطًا ضعيفًا بين مستقبِل للبروتين، والاستجابة للإشارات؛ تَطَلَّب الحصولُ على إجابة أكثر قوةً صقلًا لتحليلنا؛ لاستيعاب مسارات واضحة للإشارات التي ينظمها هذا البروتين. وعادة ما يؤدي التوسيع إلى مضاعفة الوقت المبذول في مشروع ما؛ وقد بلغ خمسة أضعافه في إحدى الحالات.

هذا.. وتتجه مراكز الخدمات المشابهة لمركزنا إلى إجراء البحوث. إن مركزنا شريك، أكثر منه مزود لخدمات روتينية.. فما نقوم به يؤثر على نجاح المشروع، ويطرح أسئلة أوسع. وحسب طرح كورف، فإن «خدمتنا لدينا ليست مجرد تنفيذ. إنها جزء من التفكير».

أساسية.. أو تطبيقية

المدهش في جوهر الخدمة التي نقدمها هو أن 5% فقط من الوقت هو ما أمضيناه على المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية الأساسية، أي تطوير خوارزميات جديدة جديرة بمنشورات خاصة بها. وعلى الرغم من أننا نجمع أدوات ومسارات التحليل بطرق مبتكرة، فقد قضينا معظم وقتنا تقريبًا في المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية التطبيقية.

تختلف مجموعة المهارات المطلوبة لكل منهما. يقول سيمون أندروز ـ رئيس المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية في معهد بابراهام في كمبريدج، المملكة المتحدة ـ إن العامل الأهمّ للمشروعات التطبيقية هو التفاعل مع علماء الأحياء، «لمعرفة ما الذي يجري في المختبر، ولمعرفة السهل من التجارب، والصعب منها».

وحتى الآن، لا يقود مختصو المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية مشروعاتهم البحثية، لذا.. لا يشقون طريقهم بسهولة نحو المناصب التدريسية الجامعية المستقلة، على الرغم من حصولهم على التدريب المكافئ لمستوى الدكتوراة. ولا تُعتبر وظائف الخدمات الأساسية مرموقة كالمناصب التدريسية الجامعية، وهي تقدم فرصًا أقل للتطور والريادة. والمراكز الآن ليست في وضع جيد لتوظيف الباحثين الذين يمتلكون الدافع والخبرات اللازمة. يتذكر مايكل ريبان ـ الذي يقود مجموعة المعلوماتية الحيوية في مؤسسات نوفارتس للبحوث الحيوية الطبية في بازل، سويسرا ـ المشكلات التي واجهها عند إنشاء خدمة من نوع (مكتب المساعدة). ويعلِّق قائلًا: «لم تنجح الفكرة، وكان من الصعب اجتذاب العلماء الجيدين حقًّا».

في مركز الموارد المشتركة للمعلوماتية الحيوية في جامعة يوتا، تمكّن ديفيد نِكْس ـ المدير المشارك ـ من التوصل إلى الحلّ: سلم وظيفي منفصل للموظفين في مركزه، تلحق به ألقاب وشرائح مرتبات خاصة. ومع ذلك.. فإن إمكانات التقدم ما تزال محدودة. ويعتمد المورد على أفراد عازمين على مساعدة الآخرين على حساب المجد المهني.

لقد شهدتُ هذه الصعوبات بنفسي. وعلى الرغم من أنني أُجْرِي بحوثًا منهجية في مختبري الخاص، فإني أمضي كثيرًا من الوقت ـ بشكل متزايد ـ على تطبيق وتعديل الخوارزميات. وهذا يخلق بيئة بحثية أكثر ثراء، تعزِّز هيبة المؤسسة. ومع ذلك.. فإن تقييمي يعتمد بشكل أساسي على نجاح برنامجي البحثي الفردي. ففي مؤسستي هناك حاجة إلى الانهماك في عمل تعاوني، ولكن هذه النتيجة لم يتم التوصل إليها بعد عن طريق مقاييس الإنجاز القياسية.

لا يعترف نظام البحوث بمختصِّي المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية كمنفذين لأكثر ما يحتاجه المجتمع العلمي، حيث «يدرك الناس أهميتهم، ولكن ليس هناك من حلول حقيقية في الوقت الحاضر»، استنادًا إلى قول زياولي ليو، المختص بالمعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية في معهد دانا فاربر للسرطان في بوسطن، ماساتشوستس، وفي جامعة تونجي في شنجهاي، الصين. وهذا هو السبب وراء إمكانية مرور أكثر من ستة أشهر؛ مِن أجل شَغْل المناصب في مركز ما، وفي مغادرة عديد من ألمع البيولوجيين مجال العلوم؛ للالتحاق بشركات التكنولوجيا، ووراء انتظار البيولوجيين التقليديين تسعة أشهر؛ من أجل الحصول على مساعدة لتمحيص بياناتهم.

سدّ الثغرة

هناك حاجة إلى جهد قليل نسبيًّا للمساعدة في تدريب مختصِّي المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية التطبيقية، وتقديرهم، ومكافأتهم، والاحتفاظ بهم. وقد بدأت الفيزياء ـ مع ما لها من تاريخ طويل من المشروعات الضخمة وشديدة التكامل ـ في تصنيف المسارات الوظيفية، وقواعد التأليف، والفضل المستحقّ للمساهمين في الأدوار التعاونية البحتة، وعلى الأخص في توفير خدمة الخط الشعاعي. ومن العوائق الرئيسة في مجال المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية: الجمود، وغياب الخيال. ولذلك.. يجب على مؤسسات معينة أن تتبنَّى الأمر، كالجمعية الدولية للمعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية الحسابية، وهيئات التمويل الوطنية. ويجب أن يثير علماء الأحياء صخبًا حول الأهمية التي يحققها المتعاونون الأساسيون معهم.

وفي معاهد البحوث، ينبغي أن يوجد مسار وظيفي رسمي محسَّن للمعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية التطبيقية. وكما هو الحال عند تتبُّع شَغْل المناصب، يجب أن تستند الترقيات على مجموعة من الأعمال. فاختصاصي المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية الناجح هو الذي يسهم في المشاركات الناجحة، ولذا يجب أن تدرك خطط التقييم أن مختصِّي المعلوماتية الحيوية التطبيقية لا تجوز مقارنتهم على الإطلاق بالمؤلفين الرئيسين، ومع ذلك.. فهم علماء بارعون. كما يجب أن تضع معاييرُ التقييم أيضًا في اعتبارها ما إذا كان المختص بالمعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية قابلًا للتكيف، أم لا، مثلما أظهرت عدة مشروعات لمؤلفين وتخصصات متنوعة.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ويجب على الجهات الراعية أن تضع مبادئ لتقييم الموظفين المتعاونين. فعندما يتقدم الباحثون للحصول على مِنَح لتغطية الخدمات التي نقدمها، يجب أن يذكروا أسماء موظفي المركز، الذين نشروا في مجال التحليل. وعوضًا عن ذلك.. يجب على المراجعين أن يقيّموا المتعاونين في مجال المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية بما سبق لهم تحقيقه من نجاحات في العمل مع علماء الأحياء. إن تسمية هؤلاء الأفراد على طلبات المنح ستعطيهم دافعًا أقوى للمشروعات. وأخيرًا، هناك حاجة إلى مزيد من الفرص لعلماء الأحياء أنفسهم لتعلّم مهارات المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية[2].

ويجب أن تؤدي هذه الخطوات إلى زيادة أعداد الموهوبين الذين يرون في المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية التطبيقية مهنة واعدة؛ وإلا فإن وتيرة البحث العلمي ستتباطأ. ■

جِفْري تشانج المدير المشارك في مركز خدمات المعالَجة الآليّة للمعلومات الحيوية، والأستاذ المساعد للأحياء التكاملية وعلم العقاقير في مركز العلوم الصحية في هيوستن، جامعة تكساس، تكساس، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: jeffrey.t.chang@uth.tmc.edu

1. Lewitter, F., Rebhan, M., Richter, B. & Sexton, D. *PLoS Comput. Biol.* **5**, e1000372 (2009).
2. Lewitter, F. & Rebhan, M. *PLoS Comput. Biol.* **5**, e1000368 (2009).



NASA/ESA/TEPLITZ/RAFELSKI/KOEKEMOER/WINDHORST/LEVAY

يضم مجال «هابل فائق العمق» 2014 المدى الكامل للأطوال الموجية المتاحة للتليسكوب، من الأشعة فوق البنفسجية، حتى الأشعة تحت الحمراء القريبة.

إرث «هابـــــــل»

يوضح **ماريو ليفيو** أنه بعد خمسة وعشرين عامًا من إطلاق تليسكوب «هابل» الفضائي، ونجاحه الساحق، يتطلع إلى حقبة جديدة من سبر أغوار الفضاء، ومقاومة تقشُّف الميزانيات.

وافَق يوم 24 إبريل الماضي مرور 25 عامًا على إطلاق تليسكوب «هابل» الفضائي، من قاعدة كيب كانافيرال بولاية فلوريدا، إلى مدار منخفض حول الأرض، وذلك على متن مكوك الفضاء «ديسكفري».

لم يُحدِث «هابل» ثورة في الفيزياء الفلكية فحسب، بل هو أول مرصد بصري رئيس في الفضاء -صنعته «ناسا» بمساعدة وكالة الفضاء الأوروبية ESA ـ يجلب روح شغف الاستكشاف العلمي إلى ملايين البيوت. اطلب من الناس أن يذكروا اسم تليسكوب ما؛ وستجد أن معظمهم سيقول «هابل».

بدوران ذلك المرصد حول الأرض مرة كل ساعة ونصف الساعة، يكون الآن قد أكمل أكثر من 130 ألف دورة، والْتَقَط أكثر من مليون صورة لأجسام فلكية، بدءًا من غيوم الغبار، وصولًا إلى المَجَرّات النائية. وقد استُعملت نتائج تليسكوب «هابل» في أكثر من 12,800 مقال علمي، واستُشهد بها أكثر من 550 ألف مرة، وهذا ما جعله واحدًا من أكثر الأجهزة العلمية التي صُنعت إنتاجيةً على الإطلاق.

ما هي أسرار نجاح «هابل»؟ إن عمره الطويل، وريادته للبيانات المفتوحة، وأرشفته المتقنة، واهتمامه باحتياجات المجتمع، وفِرَق العمل المتفرغة له.. من وكالات فضاء، ورواد فضاء، وعلماء، ومهندسين، والاتساع المدهش للبِنْيَة التحتية، تمثل جميعًا مفاتيح نجاح «هابل» المُبْهِر. لقد حوَّلَت تلك المفاتيح ما بدا في البداية أنه إخفاق هائل ـ بعد اكتشاف عيوب في المرآة الرئيسة في غضون أسابيع ـ إلى نصر علمي.

ومع دخول «هابل» عقده المنتج الأخير، وتوجُّه ورثته - تليسكوب وب جيمس الفضائي (JWST) - ببطء نحو منصة الإطلاق، فإن الوقت أصبح ملائمًا للتأمُّل في إرث «هابل»، والدروس المستفادة منه (انظر: «إنجازات هابل، ومستقبل البعثات»). لقد علَّمنا «هابل» أنه إذا أردنا الوصول إلى إجابات على أكثر الأسئلة إثارة في الفيزياء الفلكية، فإن علينا أن نتطلع إلى الأمام، وأن نجعل الطموح العلمي أولوية تسبق الاهتمام بشؤون الميزانية. ورأيي أن الأولوية التالية يجب أن تكون للبحث عن الحياة خارج منظومتنا الشمسية، وأن التليسكوب ◄



إنجازات هابل ومستقبَل البعثات

أطالت بعثات خدمة تليسكوب هابل الفضائي - أثناء تحليقه - من عمره؛ مما مهَّد الطريق أمام بعثات مستقبلية.

1990
أُطلق تليسكوب هابل الفضائي محمولًا على متن المكوك الفضائي ديسكفري في 24 إبريل. واكتُشفت تشوهات مرآته في 25 يونيو.

1993
في بعثة الخدمة الأولى، أصلح روّاد الفضاء البصريات وركّبوا كاميرا جديدة.

1996
نُشرت أول صورة لمجال "هابل" العميق، وظهرت فيها مجرّات نائية جدًّا.

1997، 1999، و2002
أضافت بعثات الخدمة مقياس طيف وكاميرا أشعة تحت الحمراء إلى التليسكوب، وأصلحت الجيروسكوبات المهترئة التي تُبقي التليسكوب موجَّهًا على نحو صحيح، واستبدلت كاميرا ولوحات شمسية.

2004، و2007
تعطلت وحدات تغذية مقياس الطيف في (2004)، وإحدى الكاميرات في (2007).

2008
أظهَرَ هابل كوكب "فومالهاوت ب" خارج المجموعة الشمسية، وأكمل دورته المئة ألف حول الأرض.

2009
أجرى رواد الفضاء إصلاحات شاملة وركّبوا كاميرا ومقياس طيف جديدين.

2011
أجرى هابل رصده المليون (لكوكب خارج المجموعة الشمسية)، ونَشر المقال العلمي رقم عشرة آلاف، مستندًا على بياناته (المتعلقة بالمستعرات الفائقة).

2018
سوف يفتح تليسكوب جيمس وب الفضائي الباب لمَشاهد أشعة تحت حمراء للكون.

2024~
سوف يُجْري تليسكوب WFIRST/AFTA عمليات مسح كبيرة لأشعة تحت حمراء من الفضاء.

2030~
هناك مقترح لإطلاق مرصد رئيس ضخم جديد؛ لتصوير وتوصيف الكواكب خارج المجموعة الشمسية.

◀ الفضائي القوي، الذي يستطيع العثور على بصمات بيولوجية في أجواء كواكب شبيهة بالأرض، ينبغي أن يكون وريثًا جديرًا بالاهتمام.

العظمة تكمن في التفاصيل

إن عظمة «هابل» لا تكمن كثيرًا في الاكتشافات الفريدة التي أماط اللثام عنها، مثل تأكيد النتائج التي وجدتها مراصد أخرى.. فبعدما أصبحت التفاصيل الجديدة مرئية، وجب على الفيزيائيين الفلكيين أن يحدِّثوا نظرياتهم عن الكون، بل إن قوة تليسكوب «هابل» تنبع من مكوثه عاليًا فوق معظم الغلاف الجوي الأرض، على ارتفاع يساوي حوالي 560 كيلو مترًا. ونظرًا إلى عدم تأثره بوهج الهواء (الضوء الخافت الصادر عن تفاعلات الجو الكيميائية) واضطرابه، فإنه يمتلك عينًا ثاقبة، ويمكنه رصد الأجسام الخافتة، برغم أن مرآته ذات قطر الـ2.4 متر صغيرة، قياسًا بمعايير اليوم (8-10 أمتار هو الشائع اليوم). وهو يستطيع تمييز أجسام، عرضها يساوي 0.07 ثانية قوسية، أي كأنك تقرأ رقم السنة المكتوب على عملة العشرة سنتات من مسافة 3 كيلومترات، وتلك دقة في مجال الضوء المرئي أفضل بعشر مرات مما يمكن لأي مرصد أرضي تحقيقه.

يرى تليسكوب «هابل» أطوالًا موجيّة في مجال يمتد من أشعة الضوء فوق البنفسجية حتى الأشعة تحت الحمراء القريبة، حيث تتضمن مجالات يحجبها الجو عن الفلكيين الموجودين على الأرض، وتفوق قدرته في المجال فوق البنفسجي نحو 100 ضعف قدرات أسلافه من التليسكوبات، أو أي تليسكوب حالي.

كانت الخطة الأصلية لتليسكوب «هابل» أنْ يعالج ثلاث مسائل رئيسة، هي: قياس سرعة توسُّع الكون، وتحديد كيفية تطور المجرّات، وتحليل بِنْيَة غيوم الغاز المنتشرة فيما بين المجرّات. وقد نجح في مهمته، ووفَّر لنا مشاهد غير متوقعة خلال مدة عمله. وفيما يلي مختاراتي لبضع من أكثر إنجازاته العلمية أهميةً.

أعظم الإنجازات

كانت إحدى أوائل مهام تليسكوب «هابل» هي تقليص عدم التأكد من معدل التوسُّع الكوني - «ثابت هابل» - الذي سُمِّي، على غرار التليسكوب، باسم مكتشفه إدوين هابل. فقد قُلِّص عدم التأكد فيما بين عامي 1994 و2011 من عامل يساوي 2 إلى بضعة أجزاء من المئة. وبذلك.. ساعد «هابل» على اعتبار أن عمر الكون يساوي 13.8 مليار سنة. وقد حقَّق ذلك بتوسيع أرصاده إلى مجرات أكثر بُعْدًا، واستخدام طريقة لاستنتاج المسافات، من دورات تغيُّر البريق في فئة من النجوم النابضة تُعرف بالمتغيرات القيفاوية Cepheid variables.

وأكّد تليسكوب «هابل» الفضائي في عام 1998 أن التوسع الكوني يتسارع مدفوعًا بنوع غامض من «الطاقة المظلمة». وقد تحقَّق هذا الإنجاز الباهر بمراقبة مستعرات فائقة ـ نجوم متفجرة ـ بعيدة عن مجال رؤية التليسكوبات الأرضية. أما فهم طبيعة الطاقة المظلمة، فهو واحد من أهم التحديات التي تواجه الفيزيائيين.

أنتج التليسكوب أيضًا ملخصًا شاملًا عن تكوُّن النجوم عبر الزمن الكوني، في سلسلة من الأرصاد التي دام كل منها عشرة أيام تقريبًا، فيما بين عامي 1995 و2014، إذ حدَّق بإمعان في بقع صغيرة من السماء، ووصل بالتصوير إلى أبعد مما وصل إليه أي جهاز آخر من قبل، وتُعرَف مجموعة الصور التي التقطها بـ«حقول هابل العميقة».

اكتشف «هابل» أيضًا أن مجرّات كثيرة قد بدأ وجودها فعليًّا بعد الانفجار العظيم بـ500 مليون سنة، متحديًا الأفكار الخاصة بتكوُّن أول النجوم وتسخينه للكون، وإعادته لتأيينه. وما زال الفلكيون يحاولون استيعاب سبب وصول معدل ولادة النجوم الجديدة إلى ذروته قبل نحو 10 مليارات سنة.

باستعمال تليسكوب «هابل» الفضائي ذي دقة التبين العالية، لرصد حركات النجوم والغاز في مراكز المجرّات، أثبت أن جميع المجرّات تقريبًا تحوي في مراكزها ثقوبًا سوداءً فائقة الكتلة (بكتل تساوي ملايين المليارات أضعاف كتلة الشمس). وتتناسب كتلة الثقب الأسود مع كتلة النجوم المحيطة به، وهذا يدل على أن المجرّات والثقوب السوداء قد نشأت وتطورت معًا.

حدَّد تليسكوب «هابل» الفضائي لأول مرة أيضًا التركيب الكيميائي لأجواء بعض الكواكب العملاقة خارج المنظومة الشمسية، إذ كشف في عام 2001 عن البصمة الطيفية لعناصر معينة، مثل الصوديوم، وفي عام 2008 كشف البصمة الطيفية لجزيئات من مثل الماء، والميثان. وقد يتمكن تليسكوب أكبر يومًا ما من تحديد بصمات عمليات حيوية ـ مثل الأكسجين، والكلوروفيل ـ في أجواء كواكب صخرية خارج منظومتنا الشمسية.

أسرار النجاح

ليست البراعة العلمية هي السبب الوحيد لنجاح «هابل». فقد تمت إعادة اختراع التليسكوب مرة أخرى عن طريق خمس بعثات خدمة ـ في الأعوام 1993، و1997، و1999، و2002، و2009 ـ قام بها رواد فضاء بواسطة مكوك فضاء. فقد أدخل رواد الفضاء بصريات تصحيحية في التليسكوب، كما استبدلوا مسجلات الشرائط الميكانيكية بأقراص ذاكرة صلبة، وحدَّثوا لوحات الطاقة الشمسية، وركَّبوا كاميرات ومقاييس طيفية. وبدون تلك الإصلاحات.. لم يكن «هابل» ليعمل اليوم، أو لَبَقِيَ يعمل بتكنولوجيا عتيقة من سبعينات القرن العشرين.

وكما يشاع أنّ «الحظ الجيد يصيب المجتهدين»، فثمة أربعة عوامل ضاعفت من إنتاجية تليسكوب «هابل» الفضائي، وهي: الإسراع في جعل البيانات متاحة باستمرار، ووجود أرشيف منظم وفعَّال سهل الوصول إليه، وتبنِّي مشروعات تنطوي على مجازفة، ووجود منظومة تمويل وزمالة بحث قويتين.

كان يتم تعزيز التفكير الإبداعي بتخصيص 10% من وقت الرصد للمقترحات الهائلة، أو ذات التوقيت الحرِج، أو الاستثنائية، ووضع هذا الوقت تحت تصرف المدير. فعلى سبيل المثال.. يُذكَر أن مشروع تصوير مجال «هابل» العميق الأصلي قد دعا إليه وأداره روبرت ويليامز، وهو مدير المشغّل العلمي لتليسكوب «هابل» بمعهد علوم التليسكوب الفضائي (STScI). كما تبنَّت مراصد أخرى النهجَ نفسه، ومنها مرصد «جيميني» في هاواي وشيلي، وأيضًا « التليسكوب الثنائي العملاق» في أريزونا.

يتم إعطاء الباحثين سنة لتحليل أرصاد «هابل»، قبل إتاحة البيانات علنًا، كما تُتاح مجموعات خاصة من البيانات في أسرع وقت، ومنها بيانات مجالات «هابل» العميقة. ولم يكن تليسكوب «هابل» أول مرصد فضائي يتبنَّى هذه السياسة، لكنه شجع مراصد أخرى على الحذو حذوه.. حيث تمت إتاحة البيانات الخاصة «ببعثة سويفت لقياس انفجار أشعة جاما»، التي أُطلقت في عام 2004.

منذ بداية عمل «هابل»، كان نَشْر البيانات وأرشفتها (بيانات المعايرة مثلاً) يحدثان بعناية وبنظام أوتوماتيكي،

DORLING KINDERSLEY

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



NASA/ESA/E. SABBI (STSCI)

منطقة سديم العنكبوت، كما صوَّرها تليسكوب «هابل» في مجال أشعة الضوء المرئي، وتحت الحمراء، وفوق البنفسجية.

أفضل من المراصد أخرى. وفي العقد الماضي، كانت تُنشر في كل سنة مقالات معتمدة على نتائج أرشيف «هابل»، أكثر من المقالات التي تعتمد على بيانات مُسجلَّة الملكية.. ففي عام 2014، اعتمد 302 مقال على بيانات الأرشيف وحدها، بينما اعتمد 283 مقالًا على بيانات مسجلَّة الملكية. وقد تبنَّى «المرصد الأوروبي الجنوبي» نهج تليسكوب «هابل» الفضائي في الأرشفة في عام 1993.

تُوَزَّع جميع بيانات أرصاد تليسكوب «هابل» الفضائي مع مِنَح بحث من «ناسا»؛ لضمان تحليلها، ونشر نتائجها بسرعة. ومنذ عام 1990، تم قبول أكثر من 4,600 مقترح من برنامج تليسكوب «هابل» الفضائي، وقُدِّمت مِنَح، بلغ مجموعها 500 مليون دولار أمريكي.

ورَعَى المشروع أيضًا جيل جديد من الباحثين المتميزين. فمنذ عام 1990، كان ثمة 352 باحثًا منتسبًا لدى «هابل»- ما بعد الدكتوراة، يموَّلون ليعملوا مستقلين لمدة ثلاث سنوات في علوم ذات صلة بمشروع «هابل» في الجامعات الأمريكية. ومنذ عام 1993، استُعملت بيانات «هابل» في نحو 500 رسالة دكتوراة.

تليسكوب الشعب

لقد غيَّر تليسكوب «هابل» الفضائي مشهد التعليم والتوعية العلمية. فقد مُوِّل مكتب التوعية العمومية لدى «معهد علوم التليسكوب الفضائي»، منذ البداية تقريبًا، وذلك مقابل قيامه بالمؤتمرات الصحفية، وتوفير التوعية العلمية بواسطة الإنترنت للمدارس، والمراكز العلمية، والقِبَاب الفلكية. وقد تم دمج هذا المكتب في «معهد علوم التليسكوب الفضائي»، الموجود في حرم جامعة جونز هوبكنز في بالتيمور بولاية ميريلاند، حيث تمت مشاركة الفلكيين المحترفين. كما يجذب موقع الويب سهل الاستخدام (hubblesite.org) مليارات المشاهَدات كل سنة.

احتل المعلمون العاملون في «هابل» موقع الصدارة في نشر المواد للمدارس عبر الإنترنت، وقد بدأوا ذلك في وقت لم يكن متوفرًا فيه سوى القليل من المواد العلمية. أما اليوم، فتصل المواد العلمية التي يقدمها «هابل» إلى أكثر من 6 ملايين طالب، و500 ألف معلم كل سنة في الولايات المتحدة وحدها. وتُجرى عروض وسائط متعددة عن المجرّات، والكواكب الموجودة خارج المنظومة الشمسية، والثقوب السوداء، في المراكز العلمية في شتى أنحاء العالم.

وصَفَ ناقد الفنون البريطاني، جوناثان جونز، صور «هابل» بأنها: «أكثر أعمال زمننا الفنية توهجًا وجمالًا»، حيث تغلغلت في الثقافة العامة، كما يوجد فريق متفرغ لضمان جودة الصور من حيث الرؤية. وقد عُرِضت مشاهد صور تليسكوب «هابل» الفضائي في معارض فنون متنوعة، من بالتيمور، حتى فينسيا، كما زيَّنت أغلفة الكتب، وألبومات الموسيقى، مثل ألبوم «بينورال» *Binaural* لفرقة الروك «بيرل جام» Pearl Jam، وأوحت بموسيقى كلاسيكية معاصرة (مثل مقطوعة «ذا هابل كانتاتا» *The Hubble Cantata* للموسيقار باولو بريستيني)، وبعروض مسرحية راقصة.

وماذا بعد؟

لقد أثبت «هابل» أن تمويل التجربة الصحيحة بكاملها، أفضل من المساومة؛ بهدف ضغط الميزانية. وبناء عليه، يجب على المسؤولين عن المساعي الفلكية المستقبلية الكبرى معرفة أهم الأسئلة التي تحتاج إلى إجابة، وتحديد ما تتطلَّبه معرفة هذه الإجابة، والإمكانية التقنية لفعل ذلك، وتقدير التكلفة الكلية لمشروع من هذا النوع، وتحديد إنْ كان الهدف جديرًا بالاستثمار فيه، أم لا، ثم العمل وفق هذه المعلومات. لذا.. ينبغي وضع خطة التمويل الضروري، والحفاظ على استقرارها، وتجنُّب هدر النفقات، من خلال التخطيط، والإشراف بعناية.

أما أكثر الأسئلة إثارة للاهتمام في علم الفلك، فهو ـ في رأيي ـ السؤال عمّا إذا كانت هناك حياة في مجرّتنا خارج المجموعة الشمسية، أم لا. وبفضل تليسكوب «كبلر» الفضائي تحديدًا، نعلم أن مجرَّة درب التبانة تعج بمئات ملايين الكواكب التي تماثل الأرض حجمًا، وهي موجودة في «المنطقة القابلة لوجود الحياة فيها» حول نجومها المضِيفَة، التي تسمح بوجود الماء السائل على سطحها الصخري.

> **«لأول مرة في التاريخ البشري تكون الإجابة على السؤال ‹هل نحن وحدنا؟› في متناول اليد».**

وقد وُضِعَت خطة بالخطوات التالية: سيُطلَق القمر الصناعي العابر، الماسح للكواكب، خارج مجموعتنا الشمسية (TESS) في عام 2017، ومن المفترَض أن يجد مجموعة من الكواكب القريبة من الأرض، والأثقل قليلًا، في المناطق القابلة لوجود الحياة فيها حول النجوم صغيرة الكتلة. فالمُدَد المدارية لتلك الكواكب قصيرة، ونجومها خافتة، وهذا يجعلها ـ إلى حد ما ـ سهلة الكشف. وحينئذ، فإن تليسكوب جيمس ويب الفضائي (JWST) ـ المقرر إطلاقه في عام 2018 ـ ومعه التليسكوب «ماسح الأشعة تحت الحمراء عريض المجال/التليسكوب الفلكي الفيزيائي المساعد» (WFIRST/AFTA)، المخطط إطلاقهما في حوالي عام 2024، سوف يبحثون جميعًا عن الماء وجزيئات أخرى في أجواء بعض تلك الكواكب.

سوف تكون ثمة حاجة إلى تليسكوب أقوى؛ لوضع محددات إحصائية، نصل منها إلى نتيجة تدل على مدى شيوع أو ندرة الحياة في مجرّة درب التبانة. فالتليسكوب المزوَّد بمرآة، لا يقل قطرها عن 12 مترًا، ودقة تبيين تساوي 25 ضعفًا من دقة هابل على الأقل، يمكن أن ينجح في تصوير كوكب بجوار نجمه، وأن يُجْري كشفًا طيفيًّا عن وجود الأكسجين والبصمات البيولوجية الأخرى في غلافه الجوي. ويجب أن يكون تليسكوبا /WFIRST AFTA قادرَين على كشف كوكب، ضوؤه أخفت بمليار مرة من نجمه، وسوف نحتاج إلى تباين سطوع بقيمة 10 مليارات؛ لتصوير كوكب شبيه بالأرض بجوار نجم مضيف شبيه بالشمس. ومن الواضح أن تليسكوبًا من هذا النوع يستطيع توفير الكثير من الاكتشافات الأخرى.

وسوف يكون من الضروري فحص عيِّنة كبيرة من الكواكب، قد تصل إلى 50 كوكبًا تقريبًا. فمثلًا، توضِّح الحسابات أنه إذا لم تُكتشف بصمات بيولوجية في أكثر من نحو 36 كوكبًا من الكواكب الشبيهة بالأرض، فإن احتمال قدرتنا على الكشف عن بُعْد عن حياة خارج المجموعة الشمسية في مجرة درب التبانة يصبح أقل من 10%.

ويُتوقع أن يَنشر اتحاد الجامعات لبحوث الفلك تقريرًا في هذا الشهر عن تليسكوب «عالي الدقة»؛ وبالتالي يجب اتخاذ عدة خطوات الآن: أولًا، يجب أن تقوم وكالة «ناسا»، و«وكالة الفضاء الأوروبية»، وغيرهما من الشركاء الدوليين، بعمل قناة مفتوحة بينهم، لدراسة مشروع من هذا النوع. كما يجب تسريع دراسات التطوير التكنولوجي؛ لجعل الإطلاق في حوالي عام 2030 ممكنًا. ويجب إعطاء الأولوية للبحث عن الحياة في الاستطلاعات العشرية الأمريكية والدولية القادمة، التي توجِّه قرارات التمويل القومية، الخاصة بالبعثات الفضائية. وسوف تستأنف اللجنة الفلكية الأمريكية تلك المناقشات في عام 2016؛ لتحديد أولويات الأبحاث في العقد المقبل.

أمّا الآن، فأنا أرحِّب أيضًا بزيادة كبيرة في الاستثمار في مشروع البحث عن حياة ذكية خارج الأرض (SETI). ويمكن لتمويل إضافي بنحو 100 مليون دولار ـ من المحتمَل أن يكون من مصادر خاصة ـ أن يُسرِّع عملية المسح، إلى حدٍّ يمكن عنده استقصاء حوالي 10 ملايين نجم خلال عقد واحد، بحثًا عن إشارات لاسلكية أو ضوئية تدلّ على حياة ذكية. وبرغم أن احتمال النجاح منخفض، إلا أن المردود قد يكون هائلًا. هذا.. ولأول مرة في التاريخ البشري تكون الإجابة على السؤال «هل نحن وحدنا؟» في متناول اليد. لذا.. يجب أن يحتل البحث عن حياة أخرى قمة البرنامج العلمي خلال الخمس وعشرين سنة القادمة. ■

ماريو ليفيو فيزيائي فلكي بمعهد علم تليسكوب الفضاء، في بالتيمور بولاية ميريلاند في الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: mlivio@stsci.edu



دليل «لايدن» لمؤشرات تقييم البحوث العلمية

ديانا هيكس، و**بول ووترز**، وآخرون يحثُّون على استخدام عشرة مبادئ في تقييم البحوث العلمية.

إنّ استخدام البيانات في تنظيم العلوم وتقييم المنجزات العلمية في ازدياد مستمر.. فعمليات تحكيم الأبحاث وتقييمها، التي كانت تتم من قبل حسب الطلب، ويقوم بها زملاء الباحثين والعلماء، أصبحت تجري بصورة روتينية، وفقًا لمؤشرات محددة[1]، غير أن ذلك كشَف عن مشكلة جديدة تكمن في أن تحكيم البحوث العلمية أصبح يعتمد على البيانات، أكثر مما يعتمد على حُسْن التقدير. فقد اتسع نطاق استخدام المؤشرات، في ممارسة تتسم بحُسْن النية، لكن يشوبها نقص المعلومات، وغالبًا ما يُساء تطبيقها. إننا نخاطر الآن بتدمير منظومة البحث العلمي باستخدام الأدوات نفسها، التي صُممت لتطويرها وتحسينها، إذ تقوم بالتحكيم والتقييم مؤسسات تفتقر إلى معرفة الممارسات السليمة، ومهارات تفسير المعلومات، بل ولم تتلق أي نصائح أو إرشادات في هذا الصدد.

قبل حلول عام 2000، كان لدينا مؤشر استشهاد العلوم على قرص مدمج، أعدّه «معهد المعلومات العلمية» ISI، وكان يستخدمه الخبراء في عمليات التحليل المتخصصة. وفي عام 2002، أطلقت مؤسسة «تومسون رويترز» موقعًا إلكترونيًّا متكاملًا (Web of Science)؛ جَعل قاعدة بياناته عن العلوم متاحة على نطاق واسع، ثم تنافست خدمتان للاستشهاد، هما «سكوباس» Scopus من مؤسسة «إلسفير» (الذي تم إطلاقه في 2004)، وخدمة «جوجل سكولار» Google Scholar (تم إصدار النسخة التجريبية في 2004). كما تم إنشاء أدوات إلكترونية؛ للمقارنة بسهولة بين المؤسسات والجامعات في إنتاج الأبحاث العلمية، مثل InCites (باستخدام قاعدة بيانات «تومسون رويترز»)، و«ساي فال» SciVal (الذي يستخدم «سكوباس»)، بالإضافة إلى البرمجيات التي تحلل ملفات الاستشهاد لكل فرد، اعتمادًا على خدمة «جوجل سكولار» (مثل برنامج Publish or Perish، الذي تم إصداره في عام 2007).

في عام 2005، اقترح جورج هيرش ـ عالِم فيزياء من جامعة كاليفورنيا بسان دييجو ـ مؤشر h، الذي أسهم في ترويج عدد الاستشهادات لكل باحث على

ILLUSTRATION BY DAVID PARKINS

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

حدة. وزاد الاهتمام بمعامل تأثير الدوريات بصورة مطردة بعد عام 1995 (انظر الرسم التوضيحي: الهَوَس بعامل التأثير).

ومؤخرًا، اكتسبت المؤشرات المرتبطة بالاستخدام الاجتماعي والتعليقات على الإنترنت زخمًا، تجلَّى في إنشاء خدمة F1000Prime في عام 2002، وخدمة Mendeley في عام 2008، وموقع Altmetric.com (المدعوم من ماكميلان للعلوم والتعليم، التي تمتلك مجموعة Nature للنشر) في عام 2011.

شاهدنا بقلق بالغ ـ بوصفنا متخصصين في مؤشرات العلوم، وعلماء في الاجتماع، ومسؤولين عن الأبحاث ـ سوء التطبيق المتزايد لمؤشرات تحكيم الأداء العلمي وتقييمه. ونقدم فيما يلي بعضًا من الأمثلة العديدة. لقد أصبحت الجامعات على مستوى العالم مهووسة بمكانتها في الترتيب العالمي (مثل ترتيب شنجهاي، وقائمة مجلة تايمز للتعليم العالي)، رغم أن مثل هذه القوائم تعتمد على ما نعتبره بيانات غير دقيقة ومؤشرات عشوائية.

«تُعَدّ البساطة في المؤشرات العلمية فضيلة، لأنها تعزِّز الشفافية».

هناك مؤسسات علمية تطلب مؤشر *h* الخاص بالمرشحين قبل توظيفهم. وهناك جامعات عديدة تتخذ قرارات الترويج والدعاية لنفسها، بناء على الحد الأدنى لقيم مؤشر *h*، وعدد المقالات المنشورة في الدوريات «عالية التأثير». وأصبحت السِّيَر الذاتية للباحثين فرصًا للتفاخر والزهو بهذه المؤشرات، خاصة في مجال الطب الحيوي. وأصبح الأساتذة المشرفون على رسائل الدكتوراة يطلبون من الباحثين النشر في دوريات عالية التأثير، والحصول على تمويل خارجي؛ حتى يكونوا جديرين بالحصول على الدكتوراة.

في الدول الاسكندنافية والصين، تخصِّص بعض الجامعات مبالغ التمويل للأبحاث أو المكافآت على أساس (رقم)، كحساب درجات التأثير الفردي؛ من أجل تخصيص «موارد الأداء»، أو من خلال مَنْح الباحثين حافزًا للنشر في دورية بعامل تأثير أعلى من 15 (المرجع 2).

في عديد من الحالات، لا يزال الباحثون والقائمون على التقييم والتحكيم يتحلّون بقسط كبير من التوازن في التقدير وإصدار الأحكام، غير أن سوء استخدام المؤشرات البحثية أصبح من الشيوع والانتشار مما لا يسع المرء أن يتجاهله، أو يغض الطرف عنه.

من أجل هذا.. نعرض هنا لـ«دليل لايدن» Leiden Manifesto، الذي اشتق اسمه من المؤتمر الذي أقرّه (انظر: http://sti2014.cwts.nl) فالمبادئ العشرة للدليل ليست بالخبر الجديد للمتخصصين في مؤشرات العلوم، رغم أن أيًّا منا لن يستطيع تطبيقها جميعًا، بسبب نقص (الأكواد) حتى الآن. والبارعون في هذا المجال ـ مثل يوجين جارفيد (مؤسِّس معهد المعلومات العلمية) ـ يقومون بتوضيح بعض هذه المبادئ[4,3]، غير أن هذا الجهد لا يؤخذ به عندما يعدّ مسؤولو التقييم والتحكيم التقارير لمسؤولي ومديري الجامعات غير المتخصصين في طرق التقييم. ويجد العلماء الذين يبحثون عن المطبوعات ـ من أجل إعداد تقييم أو تحكيم ـ المواد مبعثرة في دوريات مجهولة بالنسبة لهم، يفتقرون إلى سبل الوصول إليها.

إننا نقدم هنا هذا التأصيل لأفضل الممارسات في تقييم الأبحاث المعتمدة على المؤشرات العلمية، بحيث يتمكن الباحثون من محاسبة مسؤولي التقييم، ويستطيع مسؤولو التقييم الثقة في صحة ودقة مؤشراتهم.

المبادئ العشرة

1 ينبغي أن يدعم التقييم الكَمِّي التقييم النوعي للخبراء. تسهم المؤشرات الكمية في تحجيم الميول الشخصية للانحياز، عندما يقوم الباحثون بتقييم أعمال زملائهم، كما تسهم في تيسير التداول. وينبغي أن يعزز ذلك من عملية التحكيم والتقييم المتبادل بين الباحثين، لأن اتخاذ القرارات والأحكام بشأن الزملاء صعب من غير وجود مجموعة من المعلومات ذات الصلة. مع ذلك.. لا ينبغي أن يستسلم المحكِّمون للأرقام، ويتخلّون عن دورهم في صناعة القرار، ولا ينبغي أن تمثل المؤشرات بديلًا للتحكيم المدروس. وينبغي على كل شخص أن يتحمل مسؤولية التقييم الذي يقدمه.

2 قياس الأداء، مقابل المهام البحثية للمؤسسة، أو المجموعة، أو الباحث. ينبغي توضيح أهداف البرنامج في البداية، وينبغي أن ترتبط المؤشرات المستخدمة في تقييم الأداء ارتباطًا واضحًا بهذه الأهداف. كما يجب الأخذ في الاعتبار الظروف الاجتماعية والاقتصادية والثقافية الواسعة عند اختيار المؤشرات وطرق استخدامها. كما تختلف الأبحاث التي تطوِّر آفاق المعرفة الأكاديمية عن تلك المرتبطة بتقديم حلول لمشكلات المجتمع. وربما يعتمد التقييم أو التحكيم على المزايا المرتبطة بالسياسات، أو الشركات الخاصة، أو الجمهور العام، بدلًا من أفكار التفوق الأكاديمي. فلا ينبغي تطبيق نموذج موحد للتقييم على جميع السياقات والظروف.

3 حماية التميز في الأبحاث المحلية. في مناطق عديدة من العالم، يقترن التميز البحثي بالنشر في دوريات ومطبوعات باللغة الإنجليزية. ويؤكد القانون الإسباني على سبيل المثال أهمية نشر العلماء الإسبان في الدوريات عالية التأثير. ويتم حساب معدل التأثير للدوريات التي يفهرسها موقع تومسون رويترز للعلوم الذي يقع في الولايات المتحدة، والتي تنشر باللغة الإنجليزية في الأغلب. تمثل هذه الانحيازات اللغوية مشكلة عويصة في العلوم الاجتماعية والإنسانية التي تتفاعل فيها الأبحاث مع ظروف المجتمع المحلية والإقليمية. ولا تخلو العديد من المجالات والتخصصات العلمية من بعد وطني أو إقليمي – مثل انتشار وباء نقص المناعة البشرية في الدول الواقعة جنوب الصحراء الكبرى على سبيل المثال.

لا يحظى هذا التعدد والالتحام بمشكلات المجتمع باهتمام الباحثين، بسبب تركيز الأوراق العلمية على الموضوعات التي تروق أكثر للدوريات الإنجليزية عالية التأثير. وقد عمل علماء الاجتماع الإسبان الذين يكثر الاستشهاد بهم في موقع تومسون رويترز للعلوم على نماذج مجردة أو درسوا البيانات الأمريكية. وضاع في غمرة ذلك خصوصية علماء الاجتماع في الأوراق البحثية عالية التأثير باللغة الإسبانية، التي تجلت في موضوعات مثل قانون العمل المحلي أو الرعاية الصحية العائلية لكبار السن أو توظيف المهاجرين[5]. ينبغي أن تعمل المؤشرات المعتمدة على المطبوعات عالية الجودة بغير اللغة الإنجليزية على تحديد مجالات التفوق في الأبحاث المحلية الملائمة وتقديرها ومكافأتها.

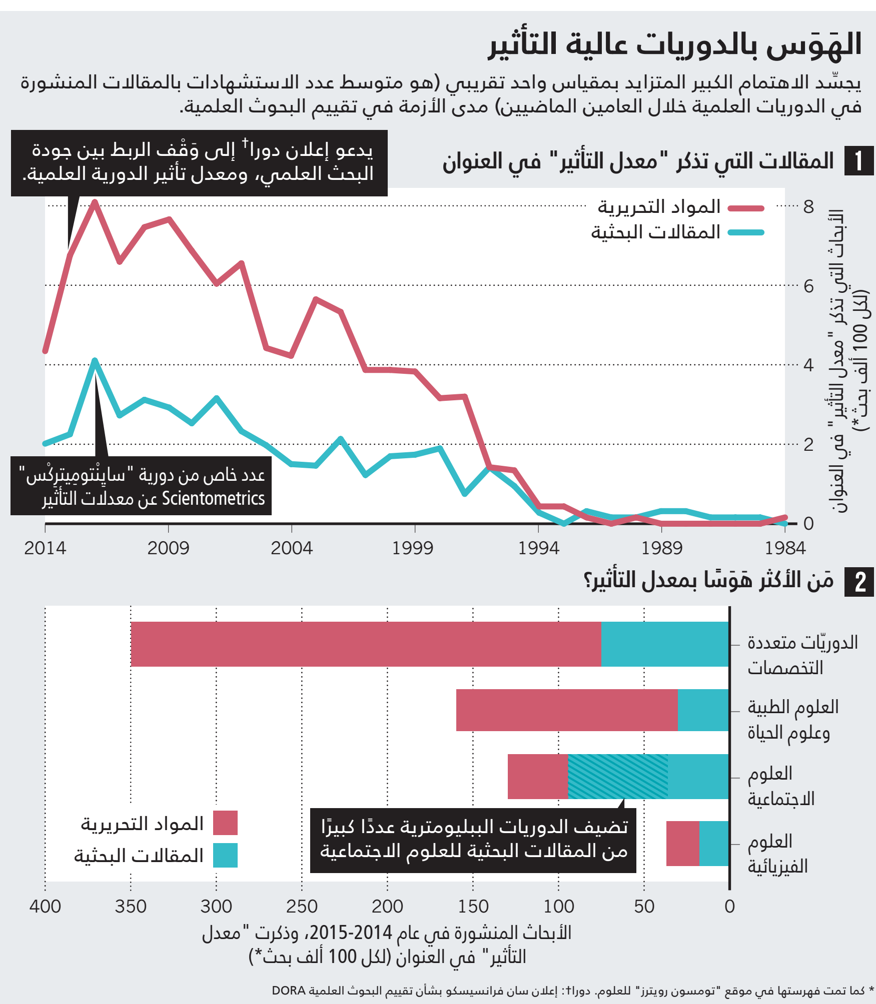
4 الحفاظ على شفافية وبساطة عمليات جمع البيانات وتحليلها. ينبغي أن يسير إنشاء قواعد البيانات المطلوبة للتقييم وفق قواعد واضحة يجري تحديدها قبل اكتمال الأبحاث. وقد كان ذلك ممارسة شائعة بين الفرق الأكاديمية والتجارية التي صممت مناهج التقييم الببليومتري على مدار عدة عقود. وكانت هذه الفرق تطبق البروتوكولات المنشورة في المطبوعات المحكمة. وساعدت هذه الشفافية على القيام بعمليات الفحص والمراجعة. على سبيل المثال في عام 2010، أدى الجدل العام حول الخصائص التقنية لمؤشر مهم استخدمته إحدى فرقنا (مركز دراسات العلوم والتكنولوجيا في جامعة لايدن في هولندا) إلى مراجعة طريقة حساب هذا المؤشر[6]. وينبغي تطبيق المعايير نفسها على قواعد البيانات التجارية الجديدة، فلا ينبغي أن يقبل أحد آلة تقييم غامضة، أو غير معروفة.

تُعَدّ البساطة في المؤشرات العلمية فضيلة لأنها تعزز الشفافية، لكن المؤشرات المبسطة قد تشوه السجل أو التوثيق (انظر: المبدأ 7). ويجب أن يحرص الذين يقومون بالتقييم والتحكيم على تحقيق التوازن من خلال تطوير مؤشرات بسيطة تراعي تعقيد العملية البحثية.

5 السماح للباحثين الذين تم تقييمهم بالتأكيد على صحة البيانات والتحليل. لضمان جودة ونوعية البيانات، ينبغي أن يكون جميع الباحثين الذين تشملهم الدراسات الببليومترية قادرين على فحص ومراجعة صحة تقييم أبحاثهم. فكل شخص يدير عمليات التقييم ينبغي أن يضمن دقة البيانات من خلال التدقيق الذاتي أو تدقيق طرف خارجي. وبإمكان الجامعات تنفيذ ذلك في نظمها لمعلومات الأبحاث، وينبغي أن يكون ذلك مبدأ إرشاديًّا في اختيار مزودي هذه النظم. تتطلب البيانات الدقيقة عالية الجودة وقتًا ومالًا من أجل إعدادها وترتيبها. ولهذا.. ينبغي تخصيص ميزانية لهذا الأمر.

6 مراعاة اختلافات التخصص في ممارسات النشر والاستشهاد. تتمثل أفضل الممارسات في اختيار حزمة من المؤشرات المحتملة والسماح للمجالات والتخصصات المختلفة بالاختيار من بينها. وقبل عدة سنوات، تلقت مجموعة أوروبية من المؤرخين تصنيفًا منخفضًا نسبيًّا في التقييم الوطني التحكيمي، لأنهم ألفوا كتبًا، بدلًا من المقالات في الدوريات التي تفهرسها قاعدة «تومسون رويترز» للعلوم. وانتهى الأمر بهم إلى أنهم أصبحوا جزءًا من إدارة علم النفس. ويتطلب المؤرخون والعلماء الاجتماعيون كتبًا ومطبوعات باللغة الوطنية لتضمينها في حسابات النشر، ويتطلب علماء الحاسب حصر الأوراق العلمية في المؤتمرات.

تختلف معدلات الاستشهاد حسب المجال والتخصص.. فأفضل الدوريات في مجال الرياضيات تمتاز بمعدلات تأثير في حدود 3، أما أفضل الدوريات في علم بيولوجيا الخلية، فتصل معدلات تأثيرها إلى 30. ولهذا.. يتطلب الأمر مؤشرات موحدة. وتتمثل أفضل وأقوى طريقة لتوحيد المؤشرات في استخدام النِّسَب المئوية، حيث ينبغي تقييم كل ورقة ◄



◀ بحثية على أساس النسبة المئوية التي تنتمي بها في توزيع الاستشهاد في مجالها (أعلى 1%، أو 10%، أو 20%، على سبيل المثال). وتحسِّن المطبوعة الواحدة عالية الاستشهاد بصورة طفيفة من مكانة الجامعة في الترتيب الذي يعتمد على مؤشرات النسبة المئوية، لكن هذا الترتيب قد ينقل الجامعة من مكانة متوسطة لمكانة متقدمة في ترتيب الجامعات، بناء على متوسطات الاستشهاد.[7]

7 اعتماد التقييم الأساسي لكل باحث على التحكيم النوعي لمجمل أعماله. كلما تقدمتَ في العمر؛ زاد مؤشر h الخاص بك، حتى في غياب أوراق بحثية جديدة. ويختلف مؤشر h حسب المجال والتخصص، فمؤشر h لدى علماء الحياة يصل إلى 200، بينما يكون في حدود 100 لدى علماء الفيزياء، وقد يتفاوت بين 20، و30 لدى علماء الاجتماع (المرجع 8). يعتمد هذا المؤشر على قواعد البيانات، وهناك باحثون في علوم الحاسب يتراوح مؤشر h الخاص بهم في نطاق 10 في قاعدة «تومسون رويترز» للعلوم، بينما يتأرجح في نطاق 20، و30 في خدمة «جوجل سكولار» (المرجع 9). ولهذا.. يجدر بالمحكمين قراءة أعمال الباحث وتقييمها، بدلاً من الاعتماد على رقم واحد، حتى عند مقارنة أعداد كبيرة من الباحثين، فإن أفضل منهج هو ذلك الذي يجمع معلومات تفصيلية حول خبرات الباحث وأنشطته وتأثيره.

8 تجنُّب الشمول في غير موضعه، والدقة الزائفة. قد تصبح مؤشرات العلوم والتكنولوجيا عرضة لغموض المفاهيم وعدم تأكدها، وتحتاج إلى افتراضات قوية قد لا تحظى بقبول أو تأييد عام. فعلى سبيل المثال.. حدث جدل كبير حول معنى أرقام الاستشهاد، ولهذا.. فإن أفضل الممارسات تَستخدِم عدة مؤشرات لتقدم صورة شاملة ومتعددة. وإذا كان بالإمكان حساب كمية الخطأ والشك، على سبيل المثال.. باستخدام أشرطة الخطأ، فإن هذه المعلومات ينبغي أن تصاحب قِيَم المؤشرات المنشورة. وإذا كان ذلك غير ممكن، فينبغي على واضعي المؤشرات تجنب الدقة الزائفة على الأقل، مثل نشر معدل تأثير الدورية في ثلاث (خانات عشرية)؛ لتجنب الصلات. وفي ضوء غموض المفاهيم والتنوع العشوائي في عدد الاستشهادات، لن يكون مُجْدِيًا التمييز بين الدوريات على أساس فروق طفيفة في معامل التأثير. فلنتجنب الدقة الزائفة، فهناك «خانة عشرية» واحدة فقط هي المضمونة.

9 مراعاة التأثيرات المنهجية للتقييم والمؤشرات. تُغيِّر المؤشرات النظام من خلال الحوافز التي تؤسسها، ولذا.. ينبغي تجنب هذه التغييرات وتوقعها. وهذا يعني أن حزمة من المؤشرات مفضلة دائمًا.. فمؤشر واحد سيتطلب تغيير قواعد اللعبة والأهداف (بحيث يصبح القياس نفسه هو الهدف). وعلى سبيل المثال.. في عام 1990، أسست أستراليا أبحاثًا جامعية باستخدام صيغة تعتمد بصورة رئيسية على عدد الأوراق البحثية التي تنشرها المؤسسة التعليمية. لهذا.. بإمكان الجامعات حساب «قيمة» ورقة بحثية في دورية مرجعية؛ في عام 2000، بلغت 800 دولار أسترالي (نحو 480 دولارًا أمريكيًّا في 2000) في تمويل الأبحاث. وقد ارتفع عدد الأوراق التي نشرها الباحثون الأستراليون، ولكن في دوريات أقل استشهادًا، مما يشير إلى انخفاض جودة المقالات.[10]

10 فَحْص ومراجعة المؤشرات بانتظام، وتحديثها. تتغير المهام البحثية وأهداف التقييم، ويجب على المنظومة البحثية أن تطور نفسها بنفسها؛ لتواكب هذه التغيرات. فالمؤشرات التي كانت مفيدة يومًا، أصبحت الآن غير كافية، وبدأت تظهر مؤشرات جديدة. وقد طرحت أستراليا في عام 2010 ـ بعد أن أدركت آثار مؤشراتها المبسطة ـ مبادرة أكثر تعقيدًا، بعنوان: «التميز في البحوث من أجل أستراليا»، وهي مبادرة جعلت جودة البحوث العلمية نصب أعينها.

الخطوات التالية

في حالة الالتزام بهذه المبادئ العشرة، من الممكن أن يقوم تقييم البحوث وتحكيمها بدور مهم في نهضة العلم وتفاعله مع المجتمع. توفِّر مؤشرات البحوث معلومات جوهرية، من الصعب جمعها أو فهمها عن طريق الخبرة الفردية وحدها. ولهذا.. لا ينبغي السماح لهذه المعلومات الكمية بالانتقال من كونها أداة إلى كونها هدفًا في حد ذاتها.

يتم اتخاذ أفضل القرارات عند الجمع بين الإحصائيات الموثقة، مع الحساسية نحو هدف وطبيعة البحث الجاري تقييمه. ويتطلب الأمر أدلّة كَمِّيَّة ونوعية، كل منها هدف في حد ذاته. ويجب أن تعتمد صناعة القرارات بشأن العلوم على إجراءات عالية الجودة، تَستلهِم بيانات على أرقى مستوى من الجودة. ■

ديانا هيكس أستاذة السياسات العامة في معهد جورجيا للتكنولوجيا، أتلانتا، جورجيا، الولايات المتحدة الأمريكية. و**بول ووترز** أستاذ المؤشرات العلمية ومدير، و**لودو وولتمان** باحث، و**سارة دي ريجيك** أستاذة مساعدة في مركز دراسات العلوم والتكنولوجيا، بجامعة لايدن في هولندا، و**إسماعيل رافولز** باحث في سياسات العلوم في المجلس الإسباني الوطني للبحوث وجامعة بالينسيا للتكنولوجيا، في إسبانيا.
البريد الإلكتروني: diana.hicks@pubpolicy.gatech.edu

1. Wouters, P. in *Beyond Bibliometrics: Harnessing Multidimensional Indicators of Scholarly Impact* (eds Cronin, B. & Sugimoto, C.) 47–66 (MIT Press, 2014).
2. Shao, J. & Shen, H. *Learned Publ.* **24,** 95–97 (2011).
3. Seglen, P. O. *Br. Med. J.* **314,** 498–502 (1997).
4. Garfield, E. *J. Am. Med. Assoc.* **295,** 90–93 (2006).
5. López Piñeiro, C. & Hicks, D. *Res. Eval.* **24,** 78–89 (2015).
6. van Raan, A. F. J., van Leeuwen, T. N., Visser, M. S., van Eck, N. J. & Waltman, L. *J. Informetrics* **4,** 431–435 (2010).
7. Waltman, L. *et al. J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.* **63,** 2419–2432 (2012).
8. Hirsch, J. E. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **102,** 16569–16572 (2005).
9. Bar-Ilan, J. *Scientometrics* **74,** 257–271 (2008).
10. Butler, L. *Res. Policy* **32,** 143–155 (2003).

DATA SOURCE: THOMSON REUTERS WEB OF SCIENCE; ANALYSIS: D.H., L.W.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

القيمة الاحتمالية.. قمة الجبل الجليدي فحسب

يقول **جيفري ت. ليك**، و**روجر ود. بينج** إن إسناد العلم إلى إحصاءات رديئة سيتطلب التمحيص في كل خطوة، لا الخطوة الأخيرة فحسب.

لا توجد إحصاءات أسوأ من القيمة الاحتمالية P. فقد كُتِبَت مئات من الأوراق البحثية والتدوينات عمّا يسخر منه بعض علماء الإحصاء، باعتباره «اختبار أهمية الفرضية الصفرية» (NHST؛ انظر على سبيل المثال go.nature.com/pfvge). يحدد اختبار أهمية الفرضية الصفرية ما إذا كانت نتائج تحليل البيانات مهمة، وهذا على أساس ما إذا كان الإحصاء الموجز ـ مثل قيمة P ـ قد تجاوز حدًّا ما. وبالنظر إلى المقال، نفهم مبرِّر فرحة البعض بحظر أساليب اختبار أهمية الفرضية الصفرية، باعتباره انتصارًا عظيمًا (وكل أشكال الاستنباط الإحصائي) في دورية «*Basic and Applied Social Psychology*» الصادرة في فبراير الماضي[1].

حقيقة الأمر أن هذا الحظر سيكون له أثر طفيف على جودة العلوم المنشورة. فهناك عديد من المراحل الضرورية لتصميم وتحليل دراسة ناجحة (انظر: «خط أنابيب البيانات»). وآخر هذه الخطوات حساب إحصاء استنتاجي، مثل القيمة P، وتطبيق «قاعدة تصنيف البيانات» عليها (على سبيل المثال: $P < 0.05$). وبشكل عملي.. تكون القرارات المُتَّخَذة في مرحلة مبكرة في عملية تحليل البيانات ذات أثر حاسم على النتائج، بداية من التصميم التجريبي، مرورًا بآثار الدفعات، أو قصور حسابات التصحيح، تحسبًا لظهور عوامل مُربكة، أو حدوث أخطاء بسيطة في القياس. كما يمكننا التحكم في تحقيق مستويات معينة للأهمية الإحصائية، بواسطة تغيير السبل التي يتم بها تطهير البيانات، أو تلخيصها، أو نمذجتها[2].

وتُعَدّ قيم P هدفًا سهلًا، حيث إنها واسعة الانتشار، ولذلك يُساء استغلالها كثيرًا، ولكن من الناحية العملية.. فإن نزع القيود عن الأهمية الإحصائية يفتح الباب أمام سبل أكثر للتلاعب بالإحصاءات ـ عن عمْد، أو بغير عمد ـ للحصول على نتيجة ما. ويكمن الغرض من استبدال قيم P بمعاملات «بايز» Bayes، أو معاملات إحصائية أخرى، في المفاضلة بين النتائج الإيجابية الحقيقية، والنتائج الإيجابية الزائفة. ولهذا.. فالجدل الدائر بشأن قيمة P أشبه بالتركيز على خطأ إملائي وحيد، بدلًا من التركيز على المنطق الخاطئ للجملة كلها.

إنّ توفير تعليم أفضل يُعَدّ بداية معقولة لحل هذه الأزمة. فببساطة.. ينبغي لأي شخص يعمل في ترتيب تتابع الحمض النووي، أو الاستشعار عن بُعد، أن يخضع لتدريب على استخدام الآلة المنوطة بالعمل، وكذا أي شخص يتولى مهمة تحليل البيانات يجب تدريبه على البرمجيات والمفاهيم ذات الصلة. وحتى المحققين الذين يشرفون على تحليل البيانات، يجب أن تطلب منهم الوكالات والمؤسسات التي تمولهم استكمال التدريب الضروري؛ لفهم المخرجات والمشكلات المحتملة لأي تحليل.

خط أنابيب البيانات

تصميم ذو مراحل عديدة لدراسة ناجحة، مع تحليل له، علمًا بأن كل المراحل تحتاج إلى ضبط وإحكام.

تمحيص دقيق

القيمة الاحتمالية P

استدلال

نقاش بسيط

إحصاءات موجزة

نمذجة إحصائية

نماذج إحصائية محتملة

تحليل بيانات استكشافي

بيانات منظمة

تمحيص البيانات

البيانات الخام

جمع البيانات

التصميم التجريبي

هناك دورات تعليمية على شبكة الإنترنت، مصمَّمة خصيصًا للتعامل مع هذه الأزمة. وعلى سبيل المثال.. يمكن بسهولة إدماج دورة «تخصص علم البيانات» التي تقدمها جامعة «جونز هوبكنز» في بالتيمور، ميريلاند، مع مؤسسة «داتا كاربنتري»، في التدريب والأبحاث. وقد صار من الممكن أن يتعلم المرء استخدام أدوات الحوسبة الخاصة بتخصصات محددة، فعلى سبيل المثال.. التدريب على برمجيات بيوكونداكتور، وجالاكسي، ولغة بايثون متاح ضمن التخصص في علم البيانات الجينومية بجامعة «جونز هوبكنز».

هذا.. والتعليم ليس كافيًا.. فتحليل البيانات يتم تدريسه عن طريق نموذج التدريب المهني، بينما تقوم التخصصات المختلفة بتطوير ثقافاتها التحليلية الفرعية الخاصة. وتُتَّخَذ القرارات بناء على تقاليد ثقافية في مجتمعات محددة، وليس بناء على الدليل التجريبي. وعلى سبيل المثال.. يُطلِق علماء الاقتصاد على البيانات المُقاسة على مدار فترة زمنية اسم «البيانات المجمعة»، التي كثيرًا ما يُطَبِّقون عليها نماذج آثار مختلطة، بينما يشير علماء الطب البيولوجي إلى النوع نفسه من هيكل البيانات، باعتباره «بيانات طولية»، وعادةً ما يتعاملون معها بواسطة معادلات تقييم عامة.

يركِّز البحث الإحصائي أغلب التركيز على الإحصاءات الرياضية، باستثناء السلوك والعمليات التي ينطوي عليها تحليل البيانات. ولحل هذه المشكلة المعقدة، يجب أن ندرس كيف يُجْرِي الناس عملية تحليل البيانات في الواقع، وما الذي يضمن لهم النجاح، وما الذي يفضي بهم إلى الفشل. لقد أُجريَت تجارب ذات ضوابط على العروض الرسومية[3] وتفسير الأخطار[4]؛ لتقييم كيفية تصوُّر البشر للبيانات والإحصاءات، وكيفية تفاعلهم معها. وفي فترة لاحقة، عكفنا نحن وآخرون على دراسة بِنْيَة التحليل بالكامل. واكتشفنا أن محللي البيانات المدرَّبين حديثًا لا يعرفون كيف يستنبطون قيم P من قطاعات من البيانات[5]، لكنهم يستطيعون أن يتعلموا ذلك بالممارسة.

إن الغاية المُطْلَقة هي تحليل البيانات، القائم على الأدلة المثبتة[6]، حيث يُناظر ذلك الطب القائم على الدليل، الذي يجد فيه الأطباء تشجيعًا على استخدام العلاجات التي ثبتت فعاليتها في تجارب ذات ضوابط. والخلاصة أن الإحصائيين والأشخاص الذين يُعلِّمونهم ويتعاونون معهم بحاجة إلى الكف عن الجدال بشأن قيم P، والتركيز على إنقاذ بقية الجبل الجليدي للعِلْم من الغرق. ■

جيفري ت. ليك، و**روجر د. بينج** أستاذان مساعدان متخصصان في الإحصاءات البيولوجية، بكلية بلومبرج للصحة العامة، التابعة لجامعة جونز هوبكنز بمدينة بالتيمور، ميريلاند، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: jleek@jhsph.edu

1. Trafimow, D. & Marks, M. *Basic Appl. Soc. Psych.* **37,** 1–2 (2015).
2. Simmons, J. P., Nelson, L. D. & Simonsohn, U. *Psychol. Sci.* **22,** 1359–1366 (2011).
3. Cleveland, W. S. & McGill, R. *Science* **229,** 828–833 (1985).
4. Kahneman, D. & Tversky, A. *Econometrica* **47,** 263–291 (1979).
5. Fisher, A., Anderson, G. B., Peng, R. & Leek, J. *PeerJ* **2,** e589 (2014).
6. Leek, J. T. & Peng, R. D. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **112,** 1645–1646 (2015).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية





عرض مرئي للبيانات، يمثل تأثير استراتيجيات تمويل معاهد الصحة القومية الأمريكية على شبكات المؤلفين (أعلى الشكل)، والمنشورات الناتجة (أسفل الشكل).

التمثيل المرئي للبيانات

التمثيل المرئي للبيانات

تشيد **ريكي شميت كياجارد** بدليل إرشادي فعَّال، يتناول عِلْم رسم خرائط البيانات.

قلِّبْ صفحات أحد أعداد دورية *Nature*؛ وستجد عينيك تنجذبان إلى العناوين والصور، لأن في عالمنا المكتظ بالمعلومات والمدعوم بالبيانات، يُعتبر تمثيل الأشياء على أفضل وجه هو مفتاح إيصال المعلومات للمتلقِّي. مع ذلك.. يفتقر كثير من العلماء إلى الأدوات والخبرة اللازمة لتحقيق عرض مرئي جيد؛ للتعبير عن البيانات بأبعادها المتنوعة رقميًّا، والكشف عن الأنماط والعلاقات الموجودة في الظواهر المختلفة، بدءًا من الاستشهاد ببراءات الاختراع، وصولًا إلى تطور الاكتشافات العلمية الكبرى.

ثمة إرشادات متوفرة في عدة كتب، مثل كتاب إدوارد توفتي: «تصوُّر المعلومات» *Envisioning Information* (جرافيكس بريس، 1990)، وكتاب ستيفن فيو: «أَرِني الأعداد» *Show Me the Numbers* (أناليتكس بريس، 2004). وفي السنوات الأخيرة، قام بانج وونج، ومارتين كراينوينسكي ـ بمشاركة مؤلفين آخرين من عمود «وجهة نظر» في *Nature Methods* ـ باختبار قواعد تصميم على مجموعات من البيانات الحقيقية (انظر: go.nature.com/3scjfr). والآن، تسعى عالمة المعلومات كيتي بورنر في كتابها «أطلس المعرفة» *Atlas of Knowledge* إلى جمْع كثير مما سبق في كتاب واحد. هذا الكتاب هو الجزء الثاني من سلسلة مكونة من ثلاثة كتب، ويأتي بعد «أطلس العِلْم» *Atlas of Science* (ماساتشوستس بريس، 2010)، ويمثل مقدمة في قوة التمثيل المرئي للمعلومات (انظر: B. Schneiderman *Nature* **468**, 1037; 2010). والكتابان يتمِّمان معرض بورنر الشامل المتنقل تحت اسم «أماكن وفراغات.. تمثيل العلم بيانيًّا»: *Places & Spaces: Mapping Science*، الذي بلغ الآن عامه العاشر، (http://scimaps.org).

تقدِّم بورنر في «أطلس المعرفة» إرشادات عن كيفية «التمثيل البياني»، أي العرض المرئي للبيانات الإحصائية، والزمنية، والجغرافية المكانية، والموضوعية، والشبكية؛ لمساعدة العلماء والاقتصاديين وصانعي السياسات على اتخاذ القرارات السليمة. وأحد الأمثلة البارزة على ذلك هو كتاب المؤلفة ألكيم ألميلا أكداج صلاح وزملاؤها: «التصميم مقابل الظهور.. إظهار نُظُم المعرفة» Design vs Emergence: Visualization of Knowledge Orders، الذي يقارن بين بِنْيَة نظام تصنيف موسوعة «ويكيبيديا»، وبين نظام التصنيف العشري العام. وهو كتاب رائع، ومصدر شيق لعرض البيانات عرضًا مرئيًّا، إلا أنه أقرب في جوهره إلى مقارنات وجولة سياحية شيقة، منه إلى دليل مفصَّل خطوة بخطوة.

تستقصي بورنر الأبحاث ـ على المستوى الجزئي ـ في الجزء الأول من كتاب «أطلس المعرفة»، فعلى سبيل المثال.. تتعرض لتقييم المزايا الأكاديمية الفردية للبحث على أساس عدد مرات الاستشهاد به، ومكانته، وانتشاره عالميًّا، وتمويله. وتتقدم بشكل تدريجي، وصولًا إلى البحوث الشاملة ومتعددة الموضوعات، التي تتضمن استقصاء عدد السكان، ومتوسط العمر المتوقع، والمديونية الوطنية، والناتج المحلي الإجمالي على المستوى العالمي. وتقدِّم في الجزء الثاني تقنيات مهمة



أطلس المعرفة: الجميع يستطيعون رسم خرائط البيانات
كيتي بورنر
ماساتشوستس بريس، 2015

لتحليل المعلومات العامة، وعرضها مرئيًّا، مثل كيفية تمثيل الموقع الجغرافي المكاني، والترابط، والعلاقات، والتوجهات، والتوزيع. كما تعطي بورنر موسوعة من الأمثلة المختلفة عن تصميم سير العمل القائم على الاحتياجات، وحجم البيانات، إضافة إلى أنواع العرض المرئي، مثل الجداول، والمخططات، والرسوم البيانية، والخرائط، والشبكات.

تكمن القيمة العملية للكتاب في احتوائه على نماذج مختلفة من تمثيل البيانات، بهدف تقييم إيجابيات وسلبيات الاستراتيجيات المختلفة في تصميمها، وهو ما أظهر تنوعًا مُبْهِرًا للأساليب المستخدَمة. فعلى سبيل المثال.. يعرض موقع «جابمايندر» Gapminder ـ لصاحبه هانز روزلينج ـ في أحد تصميماته، البيانات الاجتماعية الاقتصادية العالمية للأعوام 1930-2012. وقد اشتُقّ هذا التصميم ببراعة من مخطط روزلينج البياني: «ثروة وصحة الأمم»، وتم تنفيذه باستخدام برمجيات «ترندالايزر» Trendalyzer، التي طوَّرها روزلينج؛ لتمثيل الإحصائيات برسوم متحركة. ويقارن مخطط بن فراي في «عن أصل الأنواع: الحفاظ على الآثار المفضلة» On the Origin of Species: The Preservation of Favoured Traces (http://benfry.com/traces/) بين الإصدارات المختلفة لأعظم ما أبدع داروين، باستعمال لغة البرمجة «بروسسينج» Processing، وهي لغة برمجة مفتوحة المصدر، تُستعمل لتعليم التصميم الحاسوبي. وقد حوَّل المِثالان السابقان البيانات إلى رسوم بيانية سهلة القراءة، كما استخدما وسائل متعددة، مثل الألوان، والأشكال الهندسية، والإحصائيات، والرسوم البيانية، التي توضح التطور مع الزمن.

ما يميِّز «أطلس المعرفة» عن المراجع الأخرى نَجِده في جزئه الثالث، بتقديمه لأربعين صورة أيقونية بحجم

HANS ROSLING

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



صفحة كاملة، صمَّمها روَّاد التمثيل المرئي للبيانات. فعلى سبيل المثال.. كان المهندس المعماري الأمريكي، ثاقب النظر، بكمينستر فولر ـ بمعاونة الفنان وعالِم الاجتماع جون ماكهيل ـ من أوائل الذين وضعوا المخططات البيانية للتوجهات طويلة المدى، المتعلقة بالتصنيع والعولمة، حيث بيَّن المخطط البياني لعام 1965، المسمَّى: «تقليص مساحة كوكبنا بالسرعات المتزايدة لمواصلات واتصالات الناس حول العالم»، كيف أن التأثير المشترك لتكنولوجيات الاتصالات والنقل، منذ 500,000 عام قبل الميلاد، حتى عام 1965، قد قهر المسافات.

هذا.. وتجب عليك زيارة الموقع الإلكتروني لكتاب «أمكنة وفراغات»؛ لتستوعب تعقيد وتفاعل العديد من طرق عرض البيانات الرقمية عرضًا مرئيًّا في القرن الواحد والعشرين. وعلى سبيل المثال.. من الصعب تحديد موقع بكتيريا *Streptococcus pneumoniae* على مخطط «شجرة الحياة» المطبوع، الذي رسمه بير بورك وزملاؤه في عام 2006، شاملًا 191 نوعًا، لها جينومات.. تم الكشف عن تسلسلها بشكل كامل. كما أن عدد الأمثلة والرسوم في كتاب بورنر كبير، وأحيانًا يكون أكثر من اللازم، حيث كان بالإمكان ـ بعدد أقل من الصور ـ التجول بالقراء خلال التفاصيل؛ مما يتيح لهم استيعاب النقاط المهمة مباشرةً، دون الحاجة إلى التنقل جيئةً وذهابًا بين الكتاب والشاشة.

يُعَدّ كتاب «أطلس المعرفة» ضمن سلسلة طويلة من موارد العرض المرئي للبيانات، لكن اهتمامه بكيفية فعل الأشياء كان أقل مما في كتاب فيليتشي فرانكل وأنجيلا ديبيس: «استراتيجيات العرض المرئي» *Visual Strategies* (جامعة ييل بريس، 2012)، على سبيل المثال. مع ذلك.. فكتاب بورنر يحتل مكانًا في مكتبتي. وسواء قرأته من الغلاف إلى الغلاف، أو اقتصرت على تصفح الأمثلة الاستثنائية؛ فستجده كتابًا ملهمًا. ■

ريكي شميت كياجارد أستاذة مساعدة للعرض المرئي للبيانات العلمية، ورئيسة معمل العرض المرئي للبيانات في «معهد آرهوس للدراسات المتقدمة» بجامعة آرهوس بالدنمارك.
البريد الإلكتروني: risk@aias.au.dk

علم المكتبات

حالُ الكلمة في مستقبَل محفوظاتنا

يُقيِّم **مايكل ليسك** أحد الأعمال التي تتناول مصير المكتبة، في ظل التحوّل الاقتصادي والتكنولوجي.

يحب جون بالفري المكتبات كثيرًا، ويشعر بالتفاؤل إزاء مستقبلها. وفي كتابه «بيبليوتيك» *Bilblio Tech*، يصف ما ستؤول إليه المكتبات، إذ يرى أن المكتبات العامة، لكونها عماد المجتمعات الديمقراطية المستنيرة، ستتيح الوصول إلى المواد المتوفرة عبر الإنترنت، فضلًا عن الكتب الورقية، والأماكن التي يرتبط بها المستخدمون وجدانيًّا.

وأوضح بالفري ـ الذي أسهَم في إقامة المكتبة الرقمية الأمريكية العامة بجامعة هارفارد في بوسطن، ماساتشوستس ـ أن غالبية المكتبات تواجه «عاصفة مكتملة المعالم»، من تضاؤل الاستخدام، إلى عدم كفاية الموارد، واكتفاء المستخدمين بالمعلومات المتاحة بسهولة عبر الإنترنت، من خلال الأجهزة الشخصية. وإن كان الكتاب لا يركِّز على المكتبات الأكاديمية، إلا أن عدد الاستفسارات الموجهة إلى المكتبات البحثية في الولايات المتحدة من سنة 1991 إلى 2012 تضاءل بنسبة 69%، إذ إن الأسئلة التي يجيب عليها أمناء المكتبات البحثية في الولايات المتحدة لا تتجاوز 7 ملايين سؤال في السنة. أمّا المحركات البحثية في الإنترنت، فيمكنها التعامل مع القَدْر ذاته من الأسئلة كل دقيقتين. هذا.. بالإضافة إلى أن ميزانيات المكتبات الأكاديمية تشهد تقلصًا، إذ انخفضت نسبة الإنفاق، بعد أن كانت 3.7% من إجمالي ميزانية جامعة أمريكية نموذجية في بداية ثمانينات القرن العشرين، أصبحت 1.8% في عام 2011.

إن قرابة نصف ميزانية المكتبة الأكاديمية تُخصَّص لشراء المقتنيات، إلا أنها تُستنفَد يومًا بعد يومٍ في أسعار الاشتراكات في الجرائد. أما دور النشر التي تتيح التداول الحر، مثل المكتبة العامة للعلوم (PLOS)، فهي توفر معلومات للقارئ مجانًا، وبهذا.. تتغير الاعتبارات الاقتصادية تمامًا.

إن المكتبات المدرسية، كما يلاحظ بالفري، التي لم تزل تلعب دورًا رئيسًا في تعليم عادات الباحثين، وحثّ الأطفال على مواصلة طلب العلم، تواجه مشكلات عديدة؛ حتى إنها تفقد الكثير من موظفيها. وما كانت خريطة «دولة بلا أمناء مكتبات مدرسية» ـ الصادرة عن خرائط «جوجل» في عام 2010 ـ إلا مؤشرًا كئيبًا على انتشار هذا الاتجاه، إذ أبرزت هذه الخريطةُ المناطقَ التي خلت من مناصب أمناء المكتبات المدرسية المعتمَدين. أما عن المكتبات العامة، فقد أوضح تقرير مركز «بيو» للدراسات أن نحو نصف الشعب الأمريكي فقط استعان بمكتبة عامة في عام 2013. ويخشى بالفري ألّا يتمكن الجميع في المستقبل من الوصول إلى معلومات يعوّل عليها، إذ يتشكك في مدى إتاحة فرص متكافئة للشعوب والبلدان الأكثر فقرًا؛ للوصول إلى المعلومات عبر الإنترنت.

إن التسويق التجاري المتزايد للمعلومات سيزيد من العوائق. ويّشعر بالفري بالقلق بشأن مدى استحقاق الكتب التي نفدت طبعاتها من الأسواق للحماية بموجب حق المؤلف، فلن تُدِرّ هذه الكتب مكاسب مادية، بل تمتنع المكتبات عن توفير هذه المجلدات عبر الإنترنت، بسبب ما تنطوي عليه من مشكلات قانونية، مثل مأزق



بيبليوتك.. لماذا ترتفع أهمية المكتبات حاليًّا عن أيّ وقت مضى في عصر «جوجل» المعرفي؟
جون بالفري
بيزيك 2015

«المصنفات اليتيمة» (المجلدات المحمية بحق المؤلف، لكن مالكها غير معروف). وأخيرًا، فإن بالفري تنتابه المخاوف نفسها التي تنتاب نائب رئيس شركة «جوجل»، فينت سيرف، وغيرهما، إذ يشعر أن حفظ المقتنيات المكتبية رقميًّا أكثر خطورة من حفظها بالطرق التقليدية، بيد أنني أرى أن هذا ليس صحيحًا بالمرة، فالنسخة الورقية الواحدة قد تتلاشى وتُمحَى من الوجود، أمّا النسخ الرقمية المتعددة، فتظل باقية وميسورة التكلفة.

فهل ستدرك الحكومات أهمية المكتبات وأمناء المكتبة، في ظل سياسة التقشف والتضييق؟ أشعر أن المكتبة المدرسية يجب ألّا تقل أهمية عن الفِرَق الرياضية المدرسية. إن الإرادة السياسية ضرورية، كما إن الطاقة الابتكارية التي يتمتع بها أمناء المكتبات ضرورية أيضًا. ويأمل بالفري أن تُستخدم الأساليب التكنولوجية المكتبية التقليدية جنبًا إلى جنب الأساليب التكنولوجية المكتبية الحديثة، على الرغم من أن هذا ليس معتادًا في سياق التغير التكنولوجي، فشركات تأجير السيارات ـ مثلًا ـ لا تدير اسطبلات لتأجير الخيول.

لذا.. أظن أن المكتبات والمتاحف ـ على الأرجح ـ ستنقسم إلى «تجار الجملة»، وهي المكتبات التي تضم مجموعات تاريخية، مثل مكتبة الكونجرس الأمريكية، أو المكتبة البريطانية، و«تجار التجزئة»، مثل المكتبات الملحقة بالجامعات التي تخدم الكليات.

إن هذا الكتاب يذخر بالمعلومات عن مستقبَل المكتبات. ومَنْ يهتم بهذا الموضوع، سيجد الكثير ليتأمله، إذا كان ثمة مَن يهتم به أصلًا. وأتمنى أن يتوافق الأسلوب الحماسي للكِتاب مع قدرته على التأثير. ■

مايكل لِيسك أستاذ علم المعلومات بجامعة روتجرز، في نيو برونزويك، نيو جيرسي، ورئيس قسم المكتبات وعِلْم المعلومات بالجامعة.
البريد الإلكتروني: lesk@rci.rutgers.edu

تصحيح

ذُكِر ـ عن طريق الخطأ ـ في مقال «مكافحة التسلل»، المنشور في عدد مارس الماضي (*Nature* **517**, 435-436; 2015)، لفظ (لوغاريتمات) كمقابل للفظ (algorithm) في عدة مواضع، والصواب هو: (خوارزميّات).



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الأدوات العلمية

عيون مُساعِدة

يستعرض **فيليب بول** دراستين حول أثر الأدوات البصرية على تحسين قدرة العلماء على رصد واكتشاف الكائنات والأجرام السماوية المجهولة.

في القرن السابع عشر، تعلَّم العلماء طرقًا جديدة لرصد ورؤية الأجرام السماوية والكواكب الضخمة بالمقاييس الفلكية والأجسام الضئيلة التي لا تُرى بالعين المجردة. فقد تم اختراع كل من التليسكوب والميكروسكوب، كل على حدة، قبل العقود الأولى من القرن، وذُهل العلماء الأفذاذ والباحثون في أوروبا مما تكشَّف لهم من عوالم جديدة، لم تكن منظورة من قبل.

تتحدث المؤرخة لورا سنايدر في كتاب «عين الرائي» *Eye of the Beholder* عن المعلومات التي اكتشفها تاجر الملابس الهولندي أنتوني فان ليفينهوك بفضل الميكروسكوب، حيث اكتشف ليفينهوك ـ باستخدام ميكروسكوب، تصل دقته إلى الميكرومتر ـ وجود كائنات تتزاوج وتتكاثر في قطرات المطر. وفي كتاب «تليسكوب جاليليو» *Galileo's Telescope*، يقدم مؤرخو العلوم ماسيمو بوتشانتيني، وميشيل كاميروتا، وفرانكو جوديتشي وصفًا جديدًا لقصة اختراع «جاليليو جاليلي» للتليسكوب الذي منح البشرية القدرة على اكتشاف مجاهل السماء. كما تتبعوا نشأة وتأثير كتيب جاليليو، الذي ألفه في عام 1610 بعنوان «سفير النجوم» *Sidereus nuncius*. ويجسد كلا الكتابين المستفيضين مدى الإحساس بالسعادة والإثارة؛ لاكتشاف عوالم لا يمكن إدراكها بالعين المجردة.

تستكشف سنايدر أيضًا التوازي بين اهتمامات ليفينهوك، واهتمامات الفنان يوهانس فيرمير، فقد استخدم كلا الرجلين ـ اللذين نشآ في مدينة ديلفت الهولندية ـ العدسات لأغراض متباينة، فبينما استخدمها ليفينهوك في إشباع فضوله الذي لا يهدأ، استخدمها فيرمير في توسيع قدرته على إدراك العالم ورصده، على سبيل المثال.. باستخدام الكاميرا المظلمة. فهل تبادلا المعارف الإنسانية كاثنين تربطهما صلة معرفة، أو حتى كصديقين؟ كان ليفينهوك هو الوصي على إقطاعية فيرمير، ورغم أن تلك كانت وظيفته المدنية كتاجر مرموق، أوضحت سنايدر أن ليفينهوك في المرات القليلة التي قام فيها بهذا الدور كوَّن علاقات وروابط مع مَن يقوم بالعمل لصالحهم.

هناك من يقول إن ليفينهوك ظهر في اثنتين من لوحات فيرمير في عام 1660، فهو الجغرافي الذي يمسك خريطة وأدوات تقسيم في لوحة «الجغرافي» *The Geographer*، وعالِم الفلك الذي يمسك مجسم الكرة الأرضية في لوحة «عالِم الفلك» *The Astronomer*، لكن من الصعب تقرير مدى التشابه، نظرًا إلى أن اللوحات المرسومة له ترجع إلى تاريخ لاحق، ولم تستطع سنايدر أن تحسم الأمر، ولكن كان بإمكانها أن تخمن ما إذا كان فيرمير قد ألهم ليفينهوك استخدام العدسات لأغراض أعلى من تقييم قيمة المنسوجات، أم لا.

مع ذلك.. استطاعت سنايدر أن تجسد براعة الأجواء في مدينة ديلفت في أواخر القرن السابع عشر، «حيث كان الجزار الخدوم يبيع عيون أبقار لليفينهوك، وخُصَى الأرانب البرية، وغيرها من العينات الأخرى المطلوبة».



لوحة عالِم الفلك (1668) ربما تكون صورة لأنتونيو فان ليفينهوك.

كما نجحت في وصف غايات فيرمير وأساليبه، لتكشف عن أسرار الجمال في أعماله الفنية. وقد جعلني ذلك أُسرِع لأعيد النظر إلى «الأجزاء اللامعة» من الخبز المرسوم في لوحة «فتاة اللبن» *Milkmaid*، التي نجح في رسمها باستخدام طبقات منتقاة بعناية من صبغات الألوان. وكتبت سنايدر عن سر جمال لوحاته قائلةً: «كان فيرمير يرسم لوحاته بالطريقة التي تراها العين فعلًا، وليس بالطريقة التي يظن العقل أنه يراها».

تكمن هذه التفرقة في كلا الكتابين، وتجسِّد الخلاف حول مفهوم الملاحظة. فقد يُفترض أحيانًا أن ابتكار أدوات جديدة لم يمثل أي مشكلة سوى للمتعصبين والجهلة، ولكن في الحقيقة.. فشلت التليسكوبات والميكروسكوبات الأولى في كشف الكثير، فأنت بحاجة إلى «النظر ببصيرة متعمقة»، قبل أن تستطيع تفسير ما تراه.

اعترف صامويل بيبيس، صاحب اليوميات الشهيرة قائلًا: «واجهنا صعوبة كبيرة، قبل أن نستطيع رؤية أي شيء» في الميكروسكوب الذي اشتراه، بعد قراءة وصف الفيلسوف الطبيعي هنري باور في عام 1664. وحتى روبرت هوك، عندما طلبت منه الجمعية الملكية التحقُّق من ادعاءات ليفينهوك، وجد صعوبة في استخدام الميكروسكوبات أحادية العدسة، التي كان يفضلها ليفينهوك، والتي كانت تعطي تكبيرًا أفضل من الميكروسكوبات المركّبة التي استخدمها هوك في كتابه «الفحص المجهري» *Micrographia* (1665). وقد تساءل جاليليو عندما تغيَّر مكان زحل، وأصبحت حلقاته أقل وضوحًا، عما إذا كانت أدواته تخدعه، أم لا. وكان هناك جدل حول مدى إمكانية الثقة في هذه الأجهزة، فالأدوات البصرية كانت سيئة السمعة في هذه الفترة، لارتباطها بالسحر.. فقد رفض جيامباتيستا ديلا بورتا ـ النابولي الأصل، الذي أيَّد فكرة وجود ارتباط بين السحر والأدوات البصرية في كتابه «السحر الطبيعي» *Natural Magic* في عام 1558 ـ ادعاءات جاليليو (مع الاعتراف باختراعه للتليسكوب)، قائلًا: «لقد شاهدت الاستخدام السري للنظارات، وكل ما رأيته هو مجموعة من الكُرَات».

اتسم ليفينهوك وجاليليو بالتكتم الشديد، والاستحواذ على أجهزتها. فقد أتقن جاليليو مهارات صقل العدسات؛ لتحسين الأدوات الهولندية (حيث اعتمد على الأوصاف اللفظية)، ولكنه قرر الحفاظ على تليسكوباته من المنافسين، برغم توسلات يوهانس كبلر، الذي كان على علاقة طيبة معه، ومع ذلك.. ذهبت توسلاته أدراج الرياح. كما كان هناك فهْم ضعيف لكيفية عمل هذه الأدوات. ورغم أن جاليليو أعلن بابتهاج في كتابه «سفير النجوم» أنه أتقن صناعة التليسكوب على أساس «قوانين انكسار الأشعة»، إلا أن كبلر هو أول مَن قدَّم وصفًا وافيًا لمبادئ الانكسار في كتابه *Dioptrice*، الذي ألّفه في عام 1611.

يتقيّد كتاب «تليسكوب جاليليو» بالفترة التي اشتهر فيها جاليليو بوصفه لسطح القمر، ومجرَّة درب التبانة «المرصعة بالنجوم»، (كما وصفها الأديب والكاتب جون ميلتون)، وأقمار المشترى، التي وصفها بنجوم «ميديشية»؛ كي يتملق راعيه (كوسيمو الثاني) من عائلة ميديشي. وكان التحدي الذي فرضه هذا التعقيد على علم الفلك التقليدي نذيرًا بعواصف عقائدية ودينية قادمة. وكما ذكر المؤلفون: «إذا كانت السماء قد تعرضت للفساد وبسط النفوذ، فهل ستظل بعد ذلك موطن الملائكة والقديسين؟».

إنّ قراءة كتاب «تليسكوب جاليليو» ليست بالقراءة الخفيفة، وكان الأمر يتطلب وضع معلومات أكثر عن السياق ضمن التفاصيل البحثية الغزيرة، كما يفتقر الكتاب إلى الكثير عن شخصية جاليليو، ودورها في تشكيل مناظراته ومعاركه الفكرية، غير أن كلا الكتابين يؤكدان لنا كيف أن الأساليب الجديدة للرؤية ـ التي لا تقتصر فقط على توفير أدوات جديدة ـ كانت ولا تزال امتدادًا معقدًا للطرق التي نفهم بها خبراتنا وتجاربنا. ■

عين الرائي.. يوهانس فيرمير، وأنتونيو فان ليفينهوك، وإعادة اختراع الرؤية
لارا ج. سنايدر
دبليو. دبليو. نورتون، 2015

تليسكوب جاليليو: قصة أوروبية
ماسيمو بوتشانتيني، ومايكل كاميروتا، وفرانكو جوديتشي، ترجمة: كاثرين بولتون
مطبعة جامعة هارفارد، 2015

فيليب بول كاتب يعيش في لندن. آخِر كتبه بعنوان «الخفي» *Invisible*.
البريد الإلكتروني: p.ball@btinternet.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تعدّ عيِّنة صغير ماموث «Lyuba» - الذي عاش قبل 40 ألف عام مضى- أفضل عيِّنة محفوظة بالكامل حتى الآن لحيوان الماموث الصوفي.

إعادة إحياء الأنواع المنقرضة

كائنات أسطورية تُبْعَث من جديد

يَستعرِض **هنري نيكولس** تقييمًا واضحًا لمتطلبات عملية إعادة إحياء الأنواع المنقرضة.

أحد مخاطر دراسة الأنواع المنقرضة الجذابة، مثل الماموث الصوفي، هو قضاء وقت طويل في الإجابة على السؤال نفسه: «هل من الممكن استنساخه؟». وفي هذا الصدد، رأت بيث شابيرو ـ عالمة الأحياء الجزيئية التطورية ـ أن تجيب على هذا السؤال من خلال تأليف كتاب، بعد عهد طويل من الاهتمام بعيِّنات الحمض النووي القديمة، وتلك الخاصة بالماموث.

وضعت شابيرو نصب عينيها في كتابها «كيف تَستنسِخ ماموثًا» *How to Clone a Mammoth* هدفًا بسيطًا واضحًا، يتمثل في: «توفير خريطة طريق لإعادة إحياء الكائنات المنقرضة»، وهذا في مجلد واحد، تفصل فيه بين «العلم والخيال العلمي». وقد بدأت بعرض الأنواع المنقرضة، التي يمكن إعادتها للحياة، تحسبًا للصعوبات الكثيرة التي ستواجهها فيما بعد.

من هذه الصعوبات، على سبيل المثال، صعوبة التوصل إلى فكرة واضحة عن جينوم طائر «الدودو» من عيِّنات الحمض النووي المُستخرَجة منه، بسبب سوء حالة بقايا عظامه. وهناك مثال آخر، وهو طائر «الموا» العملاق، الذي لا يستطيع الطيران، وموطنه نيوزيلاندا، تم استبعاده من الاستنساخ، وقد يكون السبب أن تكوين «التنامو» ـ وهو أقرب الطيور الحيّة لـ«موا» ـ ليس شبيهًا بتكوين طائر «الموا» للدرجة التي تساعد على تجميع حمضه النووي. أما مشكلة بقرة «ستيلر» البحرية *Hydrodamalis gigas*، فهي عدم وجود أنثى بديلة لحَمْل الجنين المستنسَخ منها، بينما مشكلة دولفين نهر اليانجتسي *Lipotes vexillifer*، الذي يظن الكثيرون أنه انقرض، أن المأوى الطبيعي له ازداد تلوثًا في الآونة الأخيرة؛ ولم يعد صالحًا لاستقبال الحيتان.

وترى شابيرو أنه ليس من الصواب التركيز على أنواع بمعزل عن غيرها، فقد ذكرت أن «إعادة إحياء الأنواع المنقرضة» ستكون لها دور في تشكيل مستقبلنا العلمي، ولكنها ليست العلاج لحالات الانقراض التي حدثت بالفعل، حيث ترى شابيرو أن القيمة الحقيقية لتقنية إعادة إحياء الأنواع المنقرضة تكمن في استخدام عِلْم الهندسة الوراثية في إعادة تخليق السمات المنقرضة في الكائنات الحية، من أجل مساعدتها على التكيف مع التحولات البيئية، وإعادة تأسيس التفاعلات البيئية التي تندثر مع انقراض أحد الأنواع. وإلى أنْ نفهم طريقة عمل جينات العصور السالفة وكيفية تفاعلها فهمًا شاملًا، ستبقى أفكار شابيرو مبهَمة على الورق، بلا طريقة تنفيذ عملية واضحة.

وقد بدأت شابيرو رحلتها نحو إعادة إحياء الأنواع المنقرضة، والبحث عن عيِّنات سليمة تمامًا بالتركيز على الماموث الصوفي *Mammuthus primigenius*، وهو أحد الأنواع الأساسية التي كانت تعيش في مناطق سهول التندرا في أواخر العصر الجليدي، أي من قرابة 110,000 إلى 12,000 سنة خلت. وكانت رحلاتها الاستكشافية هذه غريبة وغير تقليدية، ومنها رحلة إلى سيبريا، انتهى بها المطاف فيها إلى التعرف على راعٍ لحيوانات الرنّة، متجول ومسلَّح، وفرنسيين متحابّين يحملان صندوقًا مبرّدًا مملوءًا بالجبن. وبشكل عام.. فالخلايا والأحماض النووية تتحلل بسرعة بعد الموت، ولذا.. من الصعب أن يكتشف أحد نواة ماموث سليمة بالكامل، يمكن استخدامها في استعادة النوع مجددًا بالاستعانة بتقنية الاستنساخ، عن طريق نقل نواة الخلية الجسدية.

كيف تستنسِخ ماموثًا
عِلْم إعادة الحياة للكائنات المنقرضة
بيث شابيرو
مطبعة جامعة برينستون، 2015.

توضِّح شابيرو أن إعادة الماموث للحياة وتربية سلالة جديدة منه من خلال عملية تهجين رجعي منظمة بحرص مع فيل لن تجدي نفعًا، لأن الأفيال حيوانات استوائية ضخمة، لا يمكنها التكيف مع درجات الحرارة المنخفضة، وهذه السمة هي التي يجب التركيز عليها من خلال عملية الانتخاب الاصطناعي. واستطردت موضِّحةً أن السبيل الواقعي الوحيد هو استخدام الهندسة الوراثية في تخليق سمات شبيهة بسمات الماموث في الخلية الجذعية للفيل. وتتنبأ شابيرو بأن الماموث سيعود للحياة مجددًا في غضون بضع سنوات، وهو ما يبدو خيالًا علميًّا.

برغم وجود عقبات كثيرة، إلا أن شابيرو عرضت كل هذا بوضوح، وبأسلوب شيق، باعتبارها تجربة لفكرة رائعة وقابلة للتنفيذ من منظور عِلْم الأحياء. هذه التجربة مكونة من عدة خطوات: استنساخ الخلية الجذعية التي تغيرت تركيبتها الوراثية، ثم نقل الجنين إلى رحم أم بديلة، أو رحم صناعي، ثم تربية الأفيال الشبيهة بالماموث بأعداد كافية، وتقييد حرية حركتها في مساحة تحت السيطرة، ثم إيجاد موطن مناسب لها، وبعد ذلك.. إقناع الجمهور بمميزات إطلاق سراح هذه الكائنات المعدَّلة وراثيًّا في الطبيعة.

برغم الصعوبات الهائلة التي تواجه إنجاز جميع هذه الخطوات على الترتيب، إلا أن شابيرو تحاول تذليلها، فهي ـ برغم مكانتها العلمية الرفيعة ـ تشارك بفاعلية في مشروعات تهدف إلى إعادة الماموث الصوفي والحمام المهاجر *Ectopistes migratorius* المنقرض إلى الحياة، إذ إن فكرة إثراء التنوع البيولوجي من خلال تخليق جينات كائنات انقرضت منذ سنوات في أرحام أنواع موجودة حاليًا هي فكرة جديرة بالاهتمام، ولا تختلف تمامًا عن الطريقة المتَّبَعة في التعديل الوراثي للمحاصيل النباتية، لكن الجدل البيئي الذي أُثير بشأن إعادة إحياء الماموث كان ـ للأسف ـ مبهمًا وغير موضِّح لحقيقة الموقف، إذ انْصَبَّ على مناقشة فكرة الدعوة إلى عودة الحياة البرية، وليس مناقشة الدليل التجريبي الواضح لأهمية دور الحيوانات آكلات العشب في التندرا القطبية.

أمّا الحمام المهاجر المنقرض، فكانت الحجة المؤيِّدة لإعادته إلى الحياة أضعف، وتنطوي على أفكار سخيفة، مثل اقتراح طلاء آلاف الحمام الزاجل؛ ليبدو مثل الحمام المهاجر، لكي يدّربوا الطيور التي أُعيدت إلى الحياة قبل إطلاق سراحها.

تعترف شابيرو بأنه ربما تكون ثمة حالات أفضل يمكن إعادتها إلى الحياة، إلا أنها لم تحاول ـ للأسف ـ البحث في تفاصيل أي منها. فربما يكون الماموث والحمام المهاجر أفضل نموذجين يمكن الاستعانة بهما؛ للكشف عن فوائد إعادة إحياء الكائنات المنقرضة، ولتوضيح الصعوبات والتناقضات التي تسبب الالتباس، ولكنْ إذا وُضعت عملية إعادة الكائنات المنقرضة في إطار أبسط وأكثر سلاسة، بدون التصميم على إعادة حيوان الماموث بالتحديد؛ ستغدو «الأداة الجديدة والقوية» التي تنبَّأت بها شابيرو لحفظ البيئة والموارد الطبيعية. ■

هنري نيكولس صحفي مقيم في لندن، وآخِر مؤلفاته كتاب «جُزُر جالاباجوس».
البريد الإلكتروني: henry@henrynicholls.com

مراسلات

الموسيقى ألهمَت نيوتن

كان إسحاق نيوتن من بين العلماء العظماء الذين اتخذوا الموسيقى مصدرًا للإلهام (انظر: *Nature* **519**, 262; 2015). وقد دفعته الموسيقى إلى إضافة لونين جديدين إلى قوس قزح.

كان قوس قزح في القرون الوسطى ذا خمسة ألوان فقط: الأحمر، والأصفر، والأخضر، والأزرق، والبنفسجي، لكن نيوتن أضاف لونين آخرين، هما (البرتقالي، والنيلي)؛ لكي يمكن «تقسيم الألوان على غرار الوتر الموسيقي» (I. Newton in *Opticks* 4th edn, 127 (William Innys, 1730); see also K. McLaren *Color Res. Application* **10**, 225–229; 1985).

في سياق غير متصل، وجَّه إد هوكينز وزملاؤه نداء تفريغ مقاييس ألوان قوس قزح في رسوم بيانية علمية (*Nature* **519**, 291; 2015). وقد حذَّروا من أن مجموعة الألوان تلك بإمكانها «أن تقدِّم مداخل إدراكية خاطئة للبيانات».

كان إدراك نيوتن هو أول ما قدَّم مدخلًا لإضافة ألوان جديدة، بالرغم من أنها كانت وجهة نظر شخصية. ويكذّب ذلك المقولة الشائعة.. «إن الفنانين يرون ما يؤمنون به، لكن العلماء يؤمنون بما يرونه».

لن فيشر جامعة بريستول، المملكة المتحدة.
len.fisher@bristol.ac.uk



خِلاف حول تاريخ بدء عصر الأنثروبوسين

باعتبارنا أعضاء في مجموعة عمل عصر الأنثروبوسين، نرى أن العصر الجيولوجي الجديد المقترَح ينبغي أن يعكس وحدة طبقية فريدة من نوعها، تميِّزها بصمات بشرية واضحة، وواسعة النطاق ودائمة على الصخور والثلوج الجليدية والرواسب البحرية. ولذا.. نجد أن التاريخين اللذين اختارهما سايمون لويس، ومارك ماسلين اختياران مشكوك فيهما لبداية عصر الأنثروبوسين (*Nature* **519**, 171-180; 2015).

بالنسبة إلى التاريخ الأول، الذي اقترحه المؤلفون، فإن الانخفاض قصير الأمد في ثاني أكسيد الكربون الموجود بالغلاف الجوي، الذي وصل إلى أدنى مستوى له في عام 1610 ليس علامة طبقية مثالية لحدود نطاق تلك الحقبة. إنه انحدار صغير من بين الانحدارات المتعددة في العصر الهولوسيني، الذي بدأ قبل نحو 11,700 عام، كما أنه ليس خارج نطاق التقلبات الطبيعية، على عكس البصمة المرتبطة بالتصنيع. إن المؤشرات المرتبطة باستعمار الأمريكتين ـ مثل الانتشار العالمي لحبوب اللقاح من الذُّرة ـ بقيت لقرون، وبالتالي فإنها لا تمثِّل علامات على قرب التزامن.

وبحلول التاريخ الآخر الذي اقترحه المؤلفون، وهو عام 1964، فإن «التعجيل العظيم» في النشاط البشري كان جاريًا على قدم وساق (.W. Steffen *et al* *Anthropocene Rev*. **2**, 81–98; 2015). كما إن عام 1964 متأخر عن الالتواءات التصاعدية شبه المتزامنة لعديد من الاتجاهات المادية والاجتماعية الاقتصادية، والإشارات الطبقية لكل منهما، التي تعود إلى نحو عام 1950 (.J. Zalasiewicz *et al* *Quat. Int.* http://doi.org/zjf; 2015).

إننا نحتاج إلى المزيد من التحليلات الشاملة لمميزات وقيود العلامات المقترحة المختلفة، قبل أن نصل إلى تاريخ بدء فعّال لعصر الأنثروبوسين.

جان زالاشيفيتش* جامعة ليستر، المملكة المتحدة.
jaz1@leicester.ac.uk

*بالإنابة عن 24 مراسلًا (انظر: go.nature.com/3z9oju لمطالعة القائمة كاملة).

أكاديميات تُراجع مضار المبيدات الحشرية

أصدر مجلس الاستشارات العلمية التابع للأكاديميات الأوروبية (EASAC) في الأسبوع الثاني من إبريل الماضي تقريره المعنون «خدمات الأنظمة البيئية والزراعة والمبيدات الحشرية عصبية التأثير»، الذي يمحِّص الأدلة العلمية على الآثار الضارة للمبيدات الحشرية عصبية التأثير. ويخلص التقرير إلى أن الاستخدام الوقائي واسع النطاق للمبيدات الحشرية عصبية التأثير له آثار عكسية على الكائنات الحية غير المستهدفة، التي تقدم خدمات بيئية، مثل التلقيح، والمكافحة الطبيعية للآفات.

ويذهب تقرير المجلس إلى ما هو أبعد من نحل العسل، إذ يدرِج ملقحات أخرى قيمة، مثل النحل الطنّان، والنحل المنفرد، كما يدرس الخدمات البيئية المهمة في عملية الزراعة المستدامة. يعتمد التقرير على نتائج توصلت إليها مجموعة دولية ـ تَرَأَسْتُها ـ من علماء مستقلين ذوي خبرات تتدرج من عِلْم بيولوجيا التلقيح، مرورًا بعلم بيئة الأنظمة، حتى عِلْم السموم (انظر: www.easac.eu).

يشير التقرير إلى أن الاستخدام الوقائي للمبيدات الحشرية عصبية التأثير لا يتوافق مع مبادئ إدارة الآفات المتكاملة، كما هو منصوص عليها في لائحة توجيهات المبيدات الحشرية المستدامة الخاصة بالاتحاد الأوروبي. إن مثل هذا الاستخدام يقيد كذلك إمكانية استعادة التنوع الحيوي للأراضي الزراعية تحت قواعد الزراعة البيئية في الاتحاد الأوروبي. وتشير المجموعة إلى أن المبيدات الحشرية عصبية التأثير لديها أيضًا آثار دون المميتة، تحتاج إلى أن تتم معالجتها بشكل كامل خلال إجراءات الموافقة في الاتحاد الأوروبي.

من المقرر أن تُراجِع المفوضية الأوروبية آثار القيود التي فرضتها في عام 2013 على استخدام المبيدات الحشرية عصبية التأثير على المحاصيل المزهرة. وأنا موقن بأن تقريرنا سيساعد التقرير الأوروبي على إعادة تقييم الموازنة بين مخاطر ومنافع استخدام المبيدات الحشرية عصبية التأثير. ويجب أن تُوضَع المخاطر الأوسع على البيئة واستدامة الزراعة طويلة الأمد في الاعتبار، إلى جانب المخاوف من المزيد من القيود التي قد تترتب عليها آثار قصيرة الأمد على الاقتصاد والأمن الغذائي.

بيتر نيومان معهد صحة النحل، جامعة بيرن، سويسرا.
peter.neumann@vetsuisse.unibe.ch

العقوبات تعطل رعاية مرضى السرطان بإيران

لم تَستهدِف العقوبات الاقتصادية على إيران بشكل مباشر الرعاية الصحية، أو إمكانية الوصول إلى الأدوية، لكنها أدَّت بشكل غير مباشر إلى مشكلات خطيرة في الخدمات الصحية، وخصوصًا ـ بشكل ملحوظ ـ لمرضى السرطان.

يُعتبر السرطان هو ثالث أكبر أسباب الوفاة في إيران، وبنسبة أكبر مما في أغلب دول الشرق الأوسط. وفي عام 2012، قام برنامج العمل من أجل علاج السرطان ـ الذي أنشأته الوكالة الدولية للطاقة الذرية ـ بتقييم حالة البرنامج القومي لمكافحة السرطان، الذي تنفِّذه إيران. وخَلُص إلى أن هذا البرنامج لديه عجز كبير في كافة جوانب الرعاية الصحية، بما فيها الوقاية والكشف المبكر، والتشخيص والعلاج، والعناية الفائقة، وتكنولوجيا الرصد (.M. R. Rouhollahi *et al*. *Arch. Iran Med*. **17**, 222–231; 2014). وهناك أيضًا نقص حادّ في أدوية السرطان في البلاد.

إن العقوبات تعطِّل الخدمات الصحية، والتغذية الأساسية، بسبب التعقيدات في النقل، وتقليل الواردات، ومشاقّ تحويل العملات الصعبة. ولذلك.. لا يمكن أن تتحسن حالة البرنامج، إلا برفع العقوبات.

شُهْرَة شَهَابي* مستشفى دانبري، كونيتيكت، وجامعة كولومبيا، الولايات المتحدة.
shohreh.shahabi@wchn.org

*بالإنابة عن خمسة مراسلين (للقائمة الكاملة.. انظر: go.nature.com/gsdvk3).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هل يمكن تحقيق مشروع الفيزياء النووية؟

تلتزم رومانيا بالإسهام في مشروع الفيزياء النووية المرموق، المسمى البِنْيَة التحتية الضوئية الفائقة (ELI)، الذي أسهم في تمويله الصندوق الأوروبي للتنمية المحلية (www.eli-np.ro). وباعتباري مديرًا لِمِنَح البحوث الجامعية، وبالتالي واحدًا من بين الكثير من المتنافسين المحتمَلين على التمويل الحكومي في مشروع البِنْيَة التحتية الضوئية الفائقة؛ فأنا أساند هذا الالتزام.

إن مشروع البنية التحتية الضوئية الفائقة ـ الذي بدأ في عام 2013، ومن المقرر أن يرى النور في عام 2018 ـ ينافس بالفعل المشروعات الأخرى بحجم ميزانيته التي تتعدى 100 مليون دولار أمريكي، وهو القدر الذي يمثل الإجمالي السنوي المقدَّم من برنامج المِنَح القومي للبلاد، والمتاح للمنافسة المفتوحة (انظر: go.nature.com/raad8w).

ظلّت ميزانية رومانيا القومية للبحوث مستقرة بشكل ملحوظ على مدار الأعوام الخمسة الماضية. مع ذلك.. استمرت المِنَح الفردية في التقلص. ومن تفسيرات هذا التقلص.. وجود اختلاف في الأولويات النسبية للمجالات المختلفة، واختلاف في أنواع المنح، وحدوث الأزمة المالية العالمية، وظهور بعض القضايا الأخلاقية (انظر: go.nature.com/j8slvh).

في ظل تلاشي المشكلات الاقتصادية، ومع التقدم السريع لمشروع البنية التحتية الضوئية الفائقة، لن تكون الزيادة في الميزانية القومية للبحوث منطقية فحسب، بل سابقة من نوعها. وبدونها، فإن وزارة البحوث في رومانيا قد تطلب الدعم من وزارات أخرى، مثل تلك المختصة بالبِنْيَة التحتية.

رادو سيلاجي-دوميتريسكو جامعة بابيش-بولياي، كلوج-نابوكا، رومانيا.
rsilaghi@chem.ubbcluj.ro

التحقق من فاعلية الأجسام المضادة

من المسَلَّم به أن الأجسام المضادة الهجينة يجب أن يتم التحقق من فاعليتها من البداية، مثل كل الكواشف الكيميائية الرابطة، انظر: (R. D. Polakiewicz *Nature* **518**, 483 (2015) and L. P. Freedman *Nature* **518**, 483 (2015)).

ومن المتوقع أن تتطلب الأجسام المضادة الهجينة توصيفًا شاملًا واحدًا فقط، على عكس الأجسام المضادة التقليدية. هذا التحقق المفرد من فاعليتها سيؤكد للعلماء أن الأجسام المضادة متطابقة التسلسلات لها ملامح تفاعلية مماثلة، وأنها خاضعة لفحوص روتينية؛ للتأكد من أن الأنشطة الرابطة لم تتغير خلال النقل، أو بفعل ظروف التخزين.

نحن ندرك أن اقتراحنا لا يتوافق مع نماذج الأعمال الحالية التجارية لكواشف الأجسام المضادة، وكذلك لا نعتقد أن الحل هو الدفاع عن الوضع الراهن، الذي لم يخدم العلم كما ينبغي (A. Bradbury and A. Plückthun *Nature* **518**, 27–29; 2015)، لكن الحل هو أن نطوِّر استراتيجيات أعمال أوسع خيالًا وأرحب أفقًا، تتوافق مع تسويق تسلسلات الأجسام المضادة الهجينة، التي تم التحقق منها بالكامل، والمتاحة للعامة.

أندرو م. برادبري مختبَر لوس ألاموس القومي، نيو ميكسيكو، الولايات المتحدة الأمريكية.
أندريس بلوكثون جامعة زيورخ، سويسرا.
amb@lanl.gov

ارفعوا العقوبات الآن؛ لإنقاذ الصحة العامة

لم تضع الاتفاقية الدولية حول البرنامج النووي الإيراني في إبريل الماضي بسويسرا جدولًا زمنيًّا لرفع العقوبات الاقتصادية الدولية، وهو ما يؤثر بشدة على وضع الصحة العامة (انظر، على سبيل المثال: S. Shahabi *et al*. *Nature* **520**, 157; 2015). وهذا الأمر ينبغي إصلاحه بشكل عاجل، لأن استعادة أنظمة الصحة العامة سوف تستغرق عامًا بعد رفع العقوبات، حسبما أكّد وزير الصحة الإيراني.

فمِن خلال رفع الأسعار، وتقليل إتاحة الأدوية، تجبر العقوبات الناس والعيادات على استخدام علاجات رديئة الجودة من السوق السوداء. ومن بين الأمثلة الصادمة التي لا تزال قيد التحقيق.. حالات فَقْد الإبصار الدائم التي حدثت في مارس الماضي بشكل غير متوقَّع لخمسة عشر شخصًا، بعد إجراء عملية جراحية في عيادة بطهران، إلى جانب عدد غير معلوم من الأشخاص الذي أصيبوا بحالات مشابهة في مركزين طبيين آخرين. ويُعتقَد أن السبب في هذه المأساة (أمبول) زجاجي غير مطابق للمواصفات القياسية (انظر: go.nature.com/oyudtj باللغة الفارسية).

إن الرعاية الصحية حق إنساني أساسي (انظر: go.nature.com/xqtarv، و go.nature.com/xuoeyb)، ويجب على المختصين في حقوق الإنسان ـ مثل أحمد شهيد، مقرِّر الأمم المتحدة لحقوق الإنسان في إيران ـ أن يذكِّروا الكونجرس الأمريكي والحكومات الغربية الأخرى بأهمية رفع العقوبات، وأهمية وجود استراتيجية واضحة لتحسين الصحة العامة في البلاد على وجه السرعة.

مهدي علوش مونتريال، كندا.
أراش علوش كلية الأعمال النرويجية، أوسلو، النرويج.
md_aloosh@hotmail.com

مراجعة الأقران بإخفاء الأسماء مخاطرة مزدوجة

إن مراجعة الأقران مزدوجة التعمية للأوراق البحثية هي فكرة جيدة، ولكنْ يظهر لها عيبان عند الممارسة الواقعية (*Nature* **518**, 274; 2015).

العيب الأول أن معظم البحوث الحديثة مبنيّة على دراسات سابقة، نشرتها مجموعات محدودة. وهذا يجعل من شبه المستحيل أن تُكتب ورقة بحثية، دون أن تكشف شخصية مؤلفي البحث، حتى إنْ تمكّنوا من تجنُّب بعض التعبيرات الدالة، مثل «لقد أظهرنا في السابق أن...» (No Longer Anonymous *et al*., 2012).

العيب الثاني أكثر خطورة... فلَكَيْ يستطيع الباحثون العمل وسط ثقافتنا البحثية، التي تتزايد فيها التنافسية وعدم الالتزام بأخلاقيات المهنة، يجب أن يكونوا على وعي بالمعامل التي يمكن الوثوق بها، وأيٍّ من هذه المعامل له سجل في عدم استنساخ أعمال الآخرين. فإذا قدَّم معمل مرموق وآخر مشكوك في سمعته تقريرين حول القضية نفسها، فإن المُراجِع الجيد سوف يكون أكثر حذرًا في تقييم دراسة المعمل المشكوك فيه، بالرغم من استخدام كليهما لمعايير التقييم نفسها.

إن مراجعة الأقران مزدوجة التعمية تمحو خيار التحكم في الجودة، الذي يُعَدّ محوريًّا، مما يفتح الطريق أمام المعامل المتوسطة والسيئة لأنْ تملأ النص بمحتوى علمي، مستواه أقل من المستوى القياسي.

توماس إي. ديكورسي المركز الطبي بجامعة رش، شيكاغو، إلينوي، الولايات المتحدة الأمريكية.
tdecours@rush.edu

ما زال علماء النبات يحتاجون التمييز بين النباتات

أختلفُ مع الاقتراح المخيف لإيزابيل ماركيز، التي تقول إن تعليم عِلْم النبات يجب أن يتم «تحديثه» بالانتقال من دراسة وتصنيف العيِّنات إلى الاهتمام بالأحياء الجزيئية (*Nature* **520**, 295; 2015). إن فروع المعرفة النباتية التقليدية ـ مثل التنظيم، والتصنيف ـ تفشل في اجتذاب الطلاب، ليس بسبب انعدام جاذبيتها على الصعيد الجزيئي، ولكن بسبب التركيز المستهلِك للوقت الذي تتطلّبه.

وعلى أي حال، فإن كثيرين من طلاب عِلْم النبات في الجامعات حول العالم يدرسون كذلك الأحياء الجزيئية، مثلما هو الحال في المؤسسة التي أعمل بها، وهي جامعة بريتوريا في جنوب أفريقيا، وكذلك في جامعة روهر في ألمانيا، على سبيل المثال. وحتى الدراسات «قديمة الطراز» في مجال تصنيف النبات، نادرًا ما يتم نشرها بدون بيانات جزيئية. وهذه البيانات غالبًا ما تضم بيانات جينومية.

إن سَحْب دراسة عِلْم النبات بعيدًا عن النبات نفسه هو مخاطرة بتشكيل «خبراء» لا يمكنهم التفرقة بين الأنواع على نحو موثوق به. وبالتالي، فإن مناداة ماركيز بالتوعية لمساعدة العامة على التعرف على النباتات الشائعة لن تكون لها فرصة للنجاح.

مارتن كيملر جامعة بريتوريا، جنوب أفريقيا.
martin.kemler@fabi.up.ac.za

مبادرة مؤقتة للصحة في إيران

كأطباء عاملين في إيران، نتفق على أن رفع العقوبات الاقتصادية أمر عاجل جدًّا وضروري للصحة في البلاد (M. Aloosh and A. Aloosh *Nature* **520**, 623; 2015). وفي هذه الأثناء، أطلقت مجموعة مخصصة لإحياء العلوم الطبية والصحة العامة والدبلوماسية الصحية في إيران منظمةً غير هادفة للربح؛ هي جمعية المشارَكة الإيرانية-الأمريكية للعلوم الطبية والصحة العامة (IAPA). واتّخذَتْ هذه المشارَكة من سويسرا مقرًّا، وتتألف من متطوعين أمريكيين وإيرانيين (أنا واحد منهم).

ومن بين أُولَى أولويّات هذه المشارَكة.. السعي إلى إغاثة مرضى السرطان الصغار في المستشفيات الخيرية، حيث يوجد نقص حاد في عقاقير العلاج الكيميائي (انظر: S. Shahabi *Nature* **520**, 157; 2015). ولقد أنشئت قناة لتوصيل مثل هذا الدعم الإنساني في نوفمبر 2013 من جانب خطة العمل المشتركة بين إيران وست دول أخرى؛ لمواجهة العواقب غير المرغوبة للعقوبات الدولية (انظر: go.nature.com/nr1sfn).

علي أكبر ولاياتي، حميدرزا جَمَعتي، سِيِّد محمدرزا هاشميان جامعة شهيد بهشتي للعلوم الطبية، طهران، إيران.
iran.criticalcare@yahoo.com

زوفيا كيلان-جاوروسكا
(1925-2015)

مكتشِفة الثدييات البدائية.

جزء كبير ممّا نعرف عن منشأ الثدييات وتطورها المبكّر يأتي بشكل مباشر ـ أو غير مباشر ـ من أعمال زوفيا كيلان-جاوروسكا البحثية. ويُعَدّ أكبر إنجازاتها على الإطلاق هو تجميع حفريات من عدّة بعثات بولندية منغولية، قادتها في صحراء جوبي (1963-1971)، كما اكتشفت أيضًا أنواعًا من التماسيح، والسحالي، والسلاحف، والديناصورات، والطيور.

تميزت العيّنات التي جمعتها من صحراء جوبي بالتنوع الشديد، بما تضمّنته من جماجم وهياكل عظمية غير مسبوقة. وقد أمضت كيلان-جاوروسكا نصف قرن في توصيف وشرح تلك العينات عبر التبادل العلمي من بولندا، من خلال الستار الحديدي. وقد أحدثت الحفريات التي اكتشفَتها تغييرًا في قراءة تاريخ الثدييات، كما حفّزت المزيد من الاكتشافات حول العالم.

نشأت كيلان-جاوروسكا، التي توفيت في الثالث عشر من مارس الماضي، في أوروبا الشرقية الممزّقة بفعل الحرب. وقد ولدت جاوروسكا في عام 1925 بمدينة سوكولاو بودلاسكي في شرق وسط بولندا، حيث أمضت غالبية أعوام تكوينها وعملها في مدينة وارسو.

والتحقت بالصفوف السرية في جامعة وارسو، إثر حظر التعليم العالي، وتهديد الطلاب بعقوبة الموت على أيدي المحتلين النازيين. كما خدمت أيضًا كطبيبة في المقاومة البولندية منذ أن كانت في الخامسة عشرة من عمرها، وحتى انتفاضة وارسو في عام 1944، والتجريف اللاحق للمدينة من قِبَل القوات النازية المنسحبة.

وفي عام 1945، تطوّعت كيلان-جاوروسكا في متحف علوم الحيوان بوارسو؛ للمساعدة في إعادة بنائه بعد انتهاء الحرب. وفي ذلك الوقت، التقت بأخصائي علم حفريات اللافقاريات الرائد، رومان كوزلوسكي، الذي أشرف على شهادة الماجستير الخاصة بها، التي حصلت عليها في عام 1949، كما أشرف أيضًا على رسالة الدكتوراة الخاصة بها، التي انتهت منها في عام 1952 بجامعة وارسو. وتركزت أعمالها البحثية الأولى ـ التي استمرت حتى الستينات ـ على دراسات مفصليات الأرجل ثلاثية الفصوص، وديدان البحار والحفريات البحرية المفرطة في القِدم (ما بين حوالي 514 مليون سنة إلى 252 مليون سنة مضت). وتتميز ديدان البحر برقّة وتعقيد تركيب الفك لديها، كعلامة مميزة للأجزاء المنفصلة التي تم العثور عليها من قبل، لكن كيلان-جاوروسكا نجحت باستخدام تقنيات متطوّرة في تكوين عيّنات كاملة من تلك الديدان.

عُيّنت كيلان-جاوروسكا في عام 1961 مديرةً لمعهد علم الأحياء القديمة البارز في وارسو، وهو جزءٌ من الأكاديمية البولندية للعلوم، لِمَا كانت تتميز به من مهارات بحثية وقيادية مدهشة. وبالمصادفة، تمّ وقت تعيينها عَقْد اتفاقية تعاون بين الأكاديمية البولندية للعلوم ومنغوليا، تتعلّق ببعثات علم الأحياء القديمة. وبفضل الاكتشافات الأسطورية التي حدثت في العشرينات، كانت كيلان-جاوروسكا على علم بوجود حفريات لديناصورات بصحراء جوبي، وحفريات لفقاريات أخرى. ويرجع هذا



إلى اهتمامها القديم بالفقاريات، منذ أن كانت طالبة تقرأ بِنَهَم في مكتبة متحف علوم الحيوان، التي نجت بأعجوبة من دمار الحرب. ويمكن القول إن القَدَر قد ساقها إلى المكان المناسب في الوقت المناسب.

وقد كان يتمّ بصورة دورية شحن أدوات ومعدّات إتمام رحلة ميدانية لعشرين شخصًا لمدّة ثلاثة أشهر إلى أولان باتور، عاصمة منغوليا، قبل كل موسم بعثات. وقد أنجزت مجموعات بولندية منغولية عدّة اكتشافات مميزة لفقاريات أواخر العصر الطباشيري ـ التي تبلغ من العمر ما بين 80 و75 مليون سنة ـ في حوض نيميجت، متضمنةً حفرية «الديناصورات المتقاتلة» ـ وهي حفرية تصوِّر الديناصور المقاتل *Velociraptor* متخذًا وضعية الموت أمام الديناصور آكِل النباتات *Protoceratops* ـ بالإضافة إلى الأطراف الأربعة الرائعة لديناصور *Deinocheirus* (شبيه النعام)، وكذلك عيّنات الثدييات التي قررت كيلان-جاوروسكا دراستها. ولم يكن ليوقِفها شيء عن متابعة عملها، فإثر تعرُّضها لانفجار في طبلة الأذن خلال عاصفة رملية بصحراء جوبي في عام 1971، عادت إلى وارسو؛ لإجراء عملية جراحية، ومن ثم استكملت على الفور أعمالها الميدانية.

مع تدفّق الحفريات من خلال البعثات الاستكشافية، أخذت كيلان-جاوروسكا على عاتقها مسؤولية تخطي حواجز الحرب الباردة، لتأسيس علاقات مع علماء الغرب البارزين، وتحديدًا أولئك الموجودين في بريطانيا، وفرنسا، والولايات المتحدة الأمريكية، وبذلك.. استبقت الانفتاح السياسي بما يقرب من عقدين كاملين، وأسست شبكة علمية من موقعها بوارسو؛ تربطها بالبرامج البحثية حول العالم.

تُعَدّ اكتشافات كيلان-جاوروسكا علامة فارقة بعلم الحفريات، وهو التخصص المعتمِد بشكل أساسي على دراسة الأسنان والفكّين. كما تُعتبر العينات التي جمعتها وبذلت جهدًا بالغًا في وصفها مرجعًا أساسيًّا في وصف الثدييات الأولى، نتيجة لتركيبها المكتمل. فعلى سبيل المثال.. ظهرت الكائنات متعددة الدّرنات ـ وهي الأشكال البدائية الشبيهة بالقوارض ـ بكثرة وبشكل واضح في مجموعاتها، وبالتعاون مع زملاء فرنسيين وبريطانيين، شرّحت كيلان-جاوروسكا جمجمتين لحيوانين ثدييَّين من فصائل *Nemegtbaatar* و *Chulsanbaatar*، كما وضعت وصفًا مفصّلًا للأوعية الدموية بالجمجمة والأعصاب والمخ.

أكّدت عيّنات صحراء جوبي إمكانية أن تتسبب الحفريات المكتشفة حديثًا في قلب مفاهيم ترسخت خلال القرون الماضية رأسًا على عقب؛ فعلى سبيل المثال.. دائمًا ما اعتقدنا أن حيوان *Deltatheridium* المكتشَف في العشرينات هو أحد أنواع الثدييات المشيمية، وهو النوع السائد حاليًّا. واستمرّ ذلك الاعتقاد حتى أوضحت عيّنات كيلان-جاوروسكا أنها في واقع الأمر مرتبطة عن قرب بالجرابيات. وبذلك.. بدأت كيلان-جاوروسكا عصرًا جديدًا ومميّزًا من الاستكشافات، واستمرّ أخصائيو علم الحفريات في استكشاف المناطق الغنية بالحفريات، كصحراء جوبي وأماكن أخرى، وبذلك تمّ الكشف عن بعض العيّنات المُبْهِرة والكاملة المنسوبة إلى العصرين الجوراسي، والطباشيري ـ التي تضمّنت عيّنات شَعْر ـ في مدينة لياونينج بالصين.

لم تذهب السنوات التي عاشتها زوفيا هباءً، بل استغلتها في البحث العلمي، دون توقف، حتى بعد تقاعدها من منصبها في الأكاديمية البولندية للعلوم. ففي عام 2004، نشرت كتابًا بعنوان «ثدييات من عصر الديناصورات»، وهو من أكثر المراجع المستخدَمة حاليًّا. وقد تعاونتُ معها في تأليف الكتاب، وانضم إلينا زهي-زي لوو، وطبَعته دار نشر جامعة كولومبيا. كما أسهمَت بشكل جوهري في مجلّة «أكتا بالنتولوجيكا بولونيكا» (*Acta Palaeontologica Polonica*) من خلال عملها كمحرّرة علمية بها، وهو المنصب الذي أتاح لها مساعدة الكثير من علماء الدول النامية في نشر أبحاثهم.

كانت زوفيا مثال القدوة الفذة، التي حفّزت الجميع على بذل قصاري جهدهم. وإلى جانب براعتها الفكرية، ستظلّ روحها القوية التي لا تُقهَر أبرز ما نتذكرها به. ربما كانت طريقتها في بعض الأحيان صارمة وباحثة عن التميز والبراعة، وهو اكتسبته من الراهب البوذي الذي تولى تدريبها على فنون الدفاع عن النفس، ولكنّها دفعتنا جميعًا للسعي دائمًا؛ للوصول إلى عِلْمٍ أفضل، ولهذا.. سوف نفتقدها بكل تأكيد. ■

ريتشارد سيفيلي أمين قسم علم الحفريات الفقارية بمتحف سام نوبل في نورمان بولاية أوكلاهوما في الولايات المتحدة الأمريكية، وقد تعاوَن على نطاقٍ واسع مع زوفيا كيلان-جاوروسكا منذ عام 1998.
البريد الإلكتروني: rlc@ou.edu

أبحاث

أنباء وآراء

الشكل 1 | من البكاء إلى قشرة المخ. تعمل نداءات الاستغاثة فوق الصوتية الصادرة عن صغار الفئران كإشارات اجتماعية تستثير استجابة أمومية لدى الإناث اللاتي اختبرن العناية بالصغار. ويبدو أن الذكريات المرتبطة بهذا النداء ترتبط بالخلايا العصبية التي توجد في منطقة القشرة السمعية التي تشكل جزءًا من القشرة المخية الحديثة من الدماغ. يمكن لهرمون الأوكسيتوسين، الذي يتشكل في منطقة تحت المهاد، أن يتحرر في القشرة المخية الحديثة. تذكر مارلين وزملاؤها[4] أن الأوكسيتوسين يستطيع أن يعمل مباشرة في القشرة السمعية اليسرى لتسهيل الاستجابة السلوكية تجاه بكاء الصغار، الذي ينتقل إلى هذه المنطقة الدماغية عبر المسار السمعي.

أنظمة حسّية

أثر الأوكسيتوسين القشري

يمكن لإناث الفئران أن تتعلم التجاوب مع نداءات الاستغاثة الصادرة عن صغار الفئران، وهي القدرة التي وُجد الآن أنها تتحسن عن طريق الإشارات التي يرسلها هرمون الأوكسيتوسين في القشرة السمعية اليسرى في الدماغ.

روبرت سي. ليو

عندما يبكي حديثو الولادة ليلًا، يتمكنون من لفت انتباه والديهم الذين يغالبون النعاس؛ فيصبحون فجأة متأهِّبين، وعلى أتم الاستعداد لتأمين راحة أطفالهم. قد يبدو هذا التصرف غريزيًّا، ولكن قدرتنا على التعرف على الإشارات الاجتماعية التي يصدرها الرضّع تتشكل ـ إلى حد كبير ـ بالخبرة[1,2]. ومع مرور الوقت، يتعلم الآباء والأمهات في كثير من الأنواع، ومن ضمنها البشر، كيف يتعرفون على بكاء أطفالهم[3]. حاولت مارلين وزملاؤها[4] تقصِّي الكيفية التي يتعلم بها الدماغ تلك المعلومات. وذكر الباحثون أن الأوكسيتوسين، الهرمون المدروس بشكل جيد، الذي يتحرر في الدماغ في المواقف الاجتماعية، يعمل بطريقة غير متوقعة للمساعدة على خلق ذكريات لإشارات الرضّع.

الأوكسيتوسين هو جزيء ببتيدي عصبي يتشكل في منطقة تحت المهاد في الدماغ. وهو يعمل في كل من الجهاز العصبي المحيطي والمركزي، مانحًا تأثيراتٍ سلوكية اجتماعية إيجابية عن طريق التشجيع على الارتباط الزوجي، والرعاية الوالدية، والمكافأة الاجتماعية، والاهتمام بالإشارات الاجتماعية وتذكّرها[5-7]، لكن طريقة عمل الأوكسيتوسين فعلا على الخلايا العصبية للتأثير على السلوكيات الاجتماعية ما هو إلا بداية الاستكشاف[8,9]، ولا يزال الكثير غير معروف عن الآليات التي يؤثر بها الأوكسيتوسين على معالجة المعلومات الحسية والذاكرة في السياقات الاجتماعية.

لمعالجة هذه الفجوة في المعرفة، درست مارلين وزملاؤها كيف تتجاوب إناث الفئران للبكاء فوق الصوتي الذي تصدره صغار الفئران. تتعرف الفأرات الأمهات و"المربيات" العذراوات (الخبيرات في رعاية صغار الفئران) على بكاء الصغار ونداءات الاستغاثة التي يطلقونها؛ وتستجبن لها بالاقتراب من الصغار، والتقاطهم ونقلهم إلى العش. وعلى النقيض من ذلك، تفشل الفأرات عديمات الخبرة (حديثات العهد) في التعرف على النداء، ولا يجلبن الصغار. وثمة أدلة[10] على أن ذكريات نداء الصغار لدى أمهات الفئران ترتبط بنشاط الخلايا العصبية في القشرة السمعية من الدماغ، وهي جزء من القشرة الحديثة، التي تتحكم بالوظائف الدماغية العليا، بما فيها الإدراك الحسي (الشكل 1). استخدمت مارلين وزملاؤها التعطيل الدوائي؛ لإثبات أن التقاط الصغار يتعطل بشدة لدى معظم إناث الفئران الخبيرات، في حال غياب الفعالية القشرية السمعية اليسرى. لم يكن لتعطيل القشرة السمعية اليمنى أثر يذكر؛ مما أضاف دليلًا عصبيًّا لعمل آخر[11] يشير إلى أن التحكّم بمعالجة التواصل لدى الفئران يخضع لهيمنة جانب واحد من الدماغ، بما يشبه الحال في الأنواع الأخرى.

يسهّل الأوكسيتوسين المُوصَل جهازيا سلوكيات الأمومة كالتقاط الصغار[2,7]، ولكنه افْتُرِض أن يعمل على دارات تتموضع في المناطق الدماغية تحت القشرة المخية الحديثة، حوفظ عليها تطوريا من أجل الاستجابة الأمومية. كانت بروتينات مستقبلات الأوكسيتوسين قد اكتُشفت في المنطقة أمام الفصّ الجبهي للقشرة المخية الحديثة[9]، لكن مارلين وزملاءها لاحظوا وجود كل من مستقبلات الأوكسيتوسين ونتوءات الخلايا العصبية تحت المهادية المنتجة للأوكسيتوسين في القشرة السمعية للفئران، مع كون الأولى (وليس الأخيرة) أكثر عددا على الجانب الأيسر مقارنة بالجانب الأيمن.

المثير للدهشة أنّ العذارى عديمات الخبرة اللاتي تم حقنهن بالأوكسيتوسين في القشرة السمعية اليسرى بدأن بالتقاط الصغار قبل نظيراتهن اللاتي تلقّين السائل الملحي. ويبقى أن نرى ما إذا كان تأثير الأوكسيتوسين القشري على التقاط الصغار خاضعًا لهيمنة أحد جانبي الدماغ، أم لا، لأن الباحثين لم يكرروا التجربة على القشرة السمعية اليمنى. لم يؤد منع تفعيل مستقبلات الأوكسيتوسين في القشرة السمعية اليسرى للملتقطات الخبيرات إلى إضعاف الأداء، وهذا ربما يشير إلى أن الأوكسيتوسين في القشرة السمعية يسهّل تعلّم الأمور المتعلقة بالنداءات أكثر من تسهيل الحفاظ على ذكريات عنها. فإذا كان الأمر كذلك، فإن حَجْب مستقبلات الأوكسيتوسين السمعية القشرية أثناء التحرير الجهازي الداخلي للأوكسيتوسين لدى الفئران عديمة الخبرة يجب أن يمنعها من تعلم سلوكيات التقاط الصغار.

ما هو دور الأوكسيتوسين في القشرة السمعية؟ في

تجارب صعبة من الناحية الفنية، عمدت مارلين وزملاؤها إلى تحليل المُدْخَلات العصبية إلى النيورونات السمعية القشرية، وأظهرت أن الأوكسيتوسين يستطيع تغيير التوازن بين المُدْخَلات المثبِّطة والمنبهة، التي يتفعل كل منها نتيجة لنداء الصغير.. إنهما الوجهان المتعاكسان -الين واليانغ- بالنسبة للإشارات العصبية. ووجد الفريق أن المُدْخَلات المثبِّطة والمنبهة لم تكن جيدة التوازن لدى إناث الفئران عديمة الخبرة، التي أطلقت خلاياها العصبية إشارات أقل اتساقًا؛ استجابةً للنداءات مقابل تلك التي أطلقتها نظيراتها الخبيرات. وعن طريق تطبيق الأوكسيتوسين على القشرة السمعية اليسرى، تمكَّن الباحثون من الإضعاف العابر للتيارات المثبطة لدى الإناث عديمات الخبرة. تَسَبَّب هذا الأمر في تشجيع الاستجابة المنبهة؛ مما أدى إلى تحقيق توازن تدريجي بين التأثيرين المتعاكسين عن طريق تعزيز نوعيّ المُدْخَلات. أدَّى التغيير إلى إطلاق إشارات أكثر قوة استجابة للنداءات، مماثلة لتلك التي لوحظت في القشرة السمعية اليسرى لدى الأمهات والمربيّات. وكان هذا التأثير العصبي طويل الأمد، مما يشير إلى أنه قد يتمكن من توفير آلية رئيسة لتأسيس ذكريات الأصوات ذات الصلة الاجتماعية في القشرة السمعية.

تُظْهِر بيانات مارلين وزملائها اختلافًا شديدًا في تأثير الأوكسيتوسين على السلوك بين الأفراد. هل يمكن لهذا أن يكون على صلة بالاختلاف الطبيعي في جين مستقبلات الأوكسيتوسين، فيؤثّر إما على وظيفة البروتينات، أو على مقدار الموجود منها لدى كل فرد[5,6]؟ تختلف أيضًا الاستجابات القشرية المحفّزة بالصوت ومدى تأثّرها بالأوكسيتوسين بين خلية عصبية وأخرى. وسيكون من المهم أن نفهم ما إذا كان هذا الاختلاف ينشأ أيضًا بسبب الاختلافات في تعبير مستقبلات الأوكسيتوسين، أو ما إذا كان يمكن تفسيره باختلافات أخرى بين الخلايا العصبية القشرية ينبغي دراستها بتعمق. فهل يمكن أن تكون مثلًا بسبب أنواع الخلايا العصبية القشرية التي تعبِّر عن مستقبلات الأوكسيتوسين، أم ميزات الصوت الذي تستجيب الخلايا العصبية القشرية له، أو في موضع وجود الخلايا العصبية المستجيبة للبكاء في القشرة السمعية؟

هذه الدراسة تدعم فرضيات حديثة حول كيفية تفاعل الهرمونات والتجربة الحسية لتشكيل وظيفة الأمومة في القشرة[12]. لقد شاركت تفاعلات كهذه بين 'السيتوكسين-الخبرة' في تمييز الروائح الاجتماعية عبر الخلايا العصبية تحت القشرية[6,13]، لكن البحث الحالي يبدأ العمل عن طريق إظهار أن تفاعلات كهذه تعمل أيضًا على مستوى القشرة المخية الحسّية الحديثة. وتشير النتائج التي توّصل إليها الباحثون إلى أن الأوكسيتوسين يستطيع التصرّف بطريقة مشابهة لأنظمة التعديل العصبية الأخرى المشاركة في الانتباه والتعلم، من خلال تحريض لُدُونة عصبية دائمة تزيد من الاستجابة للمحفّزات الاجتماعية.

لقد مكَّنتنا دراسات تصوير الإنسان من توسيع نماذجنا من الدّارات العصبية المتجاوبة مع بكاء الرضع في أدمغة الأمهات، من الدارات تحت القشرية بشكل رئيس إلى تلك التي تتضمن مناطق القشرة المخية الحديثة[14]. ويفتح استخدام الفئران ـ إلى جانب هذه الدراسات ـ المجال لتفصيل الآليات التي تدعم التفاعلات بين الهرمون والخبرة في مناطق القشرة المخية الحديثة التي تعالج نداءات الرضّع. العلاقة المحتملة بين هذه الاستراتيجيات التجريبية المشتركة لاستقصاء اضطرابات، كالاكتئاب التالي للولادة، والتوحّد، التي تتراجع فيها أهمية النداءات الاجتماعية[6]، تضيف عنصرًا انتقاليًّا إلى الوعد الذي يقدمه عمل مارلين وزملائها. ■

روبرت سي ليو قسم البيولوجيا، مركز سيلفيو أو كونت للأوكسيتوسين والإدراك الاجتماعي، جامعة إيموري، أتلانتا، جورجيا 30322، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: robert.liu@emory.edu

1. Fleming, A. S., O'Day, D. H. & Kraemer, G. W. *Neurosci. Biobehav. Rev.* **23,** 673–685 (1999).
2. Numan, M. & Insel, T. R. *The Neurobiology of Parental Behavior* (Springer, 2003).
3. Gustafsson, E., Levréro, F., Reby, D. & Mathevon, N. *Nature Commun.* **4,** 1698 (2013).
4. Marlin, B. J., Mitre, M., D'amour, J. A., Chao, M. V. & Froemke, R. C. *Nature* **520,** 499–504 (2015).
5. Donaldson, Z. R. & Young, L. J. *Science* **322,** 900–904 (2008).
6. Bartz, J. A., Zaki, J., Bolger, N. & Ochsner, K. N. *Trends Cogn. Sci.* **15,** 301–309 (2011).
7. Rilling, J. K. & Young, L. J. *Science* **345,** 771–776 (2014).
8. Dölen, G., Darvishzadeh, A., Huang, K. W. & Malenka, R. C. *Nature* **501,** 179–184 (2013).
9. Nakajima, M., Görlich, A. & Heintz, N. Cell **159,** 295–305 (2014).
10. Galindo-Leon, E. E., Lin, F. G. & Liu, R. C. *Neuron* **62,** 705–716 (2009).
11. Ehret, G. *Nature* **325,** 249–251 (1987).
12. Banerjee, S. B. & Liu, R. C. *Front. Neuroendocrinol.* **34,** 300–314 (2013).
13. Ferguson, J. N., Aldag, J. M., Insel, T. R. & Young, L. J. *J. Neurosci.* **21,** 8278–8285 (2001).
14. Lorberbaum, J. P. *et al. Biol. Psychiat.* **51,** 431–445 (2002).

علم البيئة

استعادة الشِّعاب المرجانية

يوضح تحليل لتدهور أعداد السَّمَك في الشِّعاب المرجانية أن اتباع إجراءات بسيطة من قبيل وضع قيود محدودة على الصيد، وتفعيل حماية المناطق البحرية يمكن أن يكفي لتدعيم استعادة الشِّعاب المرجانية لصمود أنظمتها البيئية.

نيكولاس دلفي، وهولي كايندسفاتر

تسببت عمليات صيد السمك في إجراء تحوُّلات في الشِّعاب المرجانية، لكن قد تكون تأثيراتها خادعة، كما يصعب الكشف عنها[1,2]. لذا.. يشكل تحديد استراتيجيات للمحافظة على الشعاب المرجانية من غير إطار مرجعي مناسب تحديًا كبيرًا لجهود المحافظة على هذه الشعاب. يستخدم مكنيل وزملاؤه[3] مزيجًا من البيانات التي تم تجميعها من الشعاب المحمية، والشعاب شبه الأصلية، وتلك التي تم صيد السمك فيها، لكي يسجلوا مدى تراجع الكتلة الحية للسمك الناتج عن عمليات الصيد. وإضافة إلى ما سبق.. يقدم هؤلاء المؤلفون أدلة إضافية على نجاح الصيغ البسيطة من صيغ إدارة المصايد السمكية في استعادة الكتلة الحيوية للمجتمعات السمكية.

عادةً ما يعتمد علماء الأحياء والحفاظ على البيئة على عمليات المراقبة على امتداد فترات زمنية معينة؛ من أجل تتبع تدهور وتعافي التنوع الحيوي وحالة النظام البيئي[4]، إلا أن الأبحاث البيئية التي تجري تحت سطح الماء ذات الصلة بالشعاب المرجانية لم تصبح ممكنة إلا في العشرين عامًا الأخيرة، ولذلك.. لا يتوفر سوى القليل من السلاسل الزمنية التي يمكن استخدامها لهذا الغرض. وللتغلب على هذه العقبة، استخدم مكنيل وزملاؤه طريقة استبدال المكان بالزمان[5]؛ لكي يقوموا بتقدير الكتلة الحية للسمك من مسوح تحت سطح الماء التي أجريت على 832 من الشعاب المرجانية في المحيطات الاستوائية في جميع أنحاء العالم. جمع المؤلفون بيانات الكتلة الحيوية للسمك في المناطق البحرية المحمية، التي يحظر فيها صيد السمك، مع البيانات التي تم الحصول عليها من 22 موقعًا لم يتم فيها صيد السمك، وتبعد مسافةً تزيد على 200 كيلومتر من أقرب المستوطنات البشرية، أي من أقل الشعاب المرجانية تعرضًا للتأثيرات الخارجية. وفّرت هذه البيانات تقديرًا للكتلة الحيوية التاريخية في الأنظمة البيئية للشعاب البحرية على مستوى عالمي غير مسبوق.

توصل المؤلفون إلى أنه لا يوجد ـ في المتوسط ـ ما يزيد على طن واحد من الكتلة الحيوية السمكية في كل هكتار من الشعاب المرجانية المحمية أو شبه الأصلية، على الرغم إمكانية أن تقود الظروف البيئية المحلية إلى حدوث تباينات معتبرة (الشكل 1). وعلى سبيل المقارنة، تحتوي 83% من الشعاب المرجانية التي جرت فيها عمليات الصيد ـ سواء تلك التي تخضع للإدارة، أم غير الخاضعة لها ـ على نصف هذه الكتلة الحيوية. وتتباين درجات نضوب السمك بدرجة كبيرة، من الشعاب التي حدث بها تراجع حاد في بحر الكاريبي وغربي المحيط الهادئ، إلى تلك التي لا تكاد درجة نضوبها تُحَسّ في الجُزُر القَصِيّة، التي يوجد بها عدد قليل من السكان، مثل بيتكيرن، وإستر. والشعاب المرجانية في جوام وبابوا غينيا الجديدة قاربت حد الانهيار، إذ لم يتبقّ بها سوى 10% من التقديرات التاريخية للكتلة الحيوية السمكية.

على الرغم من أن هذا التدهور يبدو فادحًا، إلا أن النتيجة ذات القدر المساوي من الأهمية لهذا البحث هي نجاح إدارة المصايد السمكية في تحقيق نتائج إيجابية. تعطي هذه النتيجة بارقة أمل للعاملين في مجال المحافظة. فعلى امتداد العقد الأخير، فقد الكثيرون الأمل في جدوى إدارة المصايد، بسبب إحساسهم بأن هذه العملية بالغة الصعوبة، ومكلفة، كما أنها تفوق قدرات العاملين في المجال الأكاديمي والمنظمات غير الحكومية[6]. كذلك توجه الكثيرون قبالة المناطق البحرية المحمية، باعتبارها تمثل الحل الشامل لتحديات المحافظة على المناطق البحرية، إلا أن فعالية مثل هذه المواقع تعتمد على درجة حمايتها، وعلى الصرامة في فرض هذه الحماية، الأمر الذي يحتم أن تكون هذه المناطق ضخمة، وقديمة، ومعزولة[7]. ويمكن للمناطق البحرية المحمية أن توقف التدهور، إلا أن بناء الكتلة الحية بحيث تصل إلى مستويات تاريخية يستغرق زمنًا. أوضح مكنيل وزملاؤه أن عملية التعافي تستغرق 35 عامًا على أقل تقدير، أي أنها تستغرق ضعفي التقديرات الزمنية السابقة[8]. والصبر، والمثابرة، والاستثمارات المالية

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



ALEX MUSTARD/NATUREPL.COM

الشكل 1 | ماهي درجة الصيد الجائر في هذه الشِّعاب؟ يوضح مكنيل وزملاؤه[3] الكيفية التي يمكن بها تقدير أهداف المحافظة على البيئة، ومعدلات تعافي مجموعات سمكية أساسية من المقارنة على المستوى الكبير بين الكتلة الحيوية السمكية في المواقع المحمية، والنائية.

المستمرة هي العناصر الأساسية في نجاح العدد المتزايد من المناطق البحرية المحمية.

وكما يقر بذلك مكنيل وزملاؤه، ليس من الممكن بأي حال من الأحوال أن يتم فرض مناطق بحرية محمية في المواقع التي يعتمد فيها الناس على السمك الذي يتم صيده من الشعاب المرجانية، حيث توجد الشعاب المرجانية في مياه ما يزيد على 100 من الدول النامية، التي يوجد في عديد منها عدد كثيف ومتزايد من سكان المناطق الساحلية. والمناطق البحرية المحمية المفروضة ليست خيارًا واقعيًّا في مثل هذه المناطق بسبب عبء تشريد الصيادين، والآثار غير المعروفة لإعادة توزيع عمليات الصيد، والفترة الزمنية التي يحتاجها تعافي الكتلة الحية، إلا أن هؤلاء المؤلفين أوضحوا أن الشعاب المرجانية التي توجد بها صيغة من صيغ الإدارة، مثل فرض القيود على عدة صيد السمك، أو على السمك الذي يمكن اصطياده، أو على درجة الوصول، تحتوي على كتلة حيوية سمكية تزيد بنسبة 27% على نظيرتها في الشعاب المرجانية التي يمكن صيد السمك فيها من غير أي قيود.

وحتى بالنسبة إلى مجتمعات الشعاب التي نضب فيها السمك، يمكن للقوانين المنظمة التي تحمي أنواعًا محورية أن تعزز من صمود النظام البيئي ومن درجة تعافيه. على سبيل المثال.. يمكن أن يؤدي حظر أنواع محددة من عدة الصيد إلى السماح للسمك العاشب بأن يتعافى، الأمر الذي يعزز من درجة صمود الشعاب المرجانية[9]. ويخطو مكنيل وزملاؤه خطوة إضافية إلى الأمام في تحليلهم بمقارنتهم للمناطق البحرية المحمية ذوات الأعمار المختلفة، بغرض التنبؤ بسرعة التعافي، وبتتابع المجموعات السمكية التالي لتنفيذ معايير الإدارة. وتتنبأ نماذجهم بأن الأنواع الموجودة في قاع الشبكة الغذائية، التي تشمل العاشبات، سوف تتعافى بسرعة. وبعض الأنواع ذات المستويات الغذائية المنخفضة، من قبيل سمك البغاء، تتعافى بطريقة غير خطية، وتصل إلى أكبر كتلة حية لها بعد فترة بسيطة من تنفيذ المعايير الإدارية. ويتنبأ الباحثون بأن هذه الأنواع سوف تكون لها الدرجة الأكبر من الوفرة؛ ويترتب على ذلك أن تكون لها الفعالية الأكبر في التغذِّي، أو إزالة النمو الزائد للطحالب التي تحدّ من نمو الشعاب المرجانية، في الوقت الذي تستعيد فيه الشعاب المرجانية نصف الكتلة الحيوية السمكية التاريخية لها.

عادةً ما يمثل السمك المفترس أولى المجموعات التي تقع ضحية للصيد الجائر. وتوضح هذه الدراسة أن هذا النوع من السمك يتذيل قائمة التعافي. ولأن هذه الأنواع تكاد تكون غائبة بصورة تامة من الشعاب المرجانية الموجودة في الوقت الحالي، فإن أهميتها لصحة الأنظمة البيئية المرجانية لا تلقى أي اهتمام يذكر، إلا أن لهذه الأنواع من السمك دورين أساسين في مجتمعات الشعاب. أولًا، يثبط هذا السمك المفترسات الوسيطة، مثل نجم البحر؛ ويمنع بذلك حدوث تتابع غذائي يغير من الركيزة السائدة في الشعاب من المرجان الصلب إلى النمو الطحلبي الزائد. ثانيًا، تكامل السمك ما بين الشبكات الغذائية في المحيط وفي الشعاب، بتغذيته على السمك الآكل للعوالق الذي يشفط العوالق الحيوانية المحيطية[10]. وبدون السمك المفترس، تظل الشعاب في حالة الكتلة الحيوية المنخفضة. ودرء هذا المخرج السالب يتطلب إدارة فعّالة للمصايد، تشمل تحسين عمليات المراقبة، والحد من أنواع العدة التي يمكن استخدامها في الصيد؛ من أجل تقليل صيد السمك غير المقصود، وزيادة الشفافية في إمدادات وتجارة منتجات الأغذية البحرية عالية القيمة[11].

لقد أخذ موضوع المحافظة على الشعاب المرجانية حظه من النِّقاش، إلا أنه لم يتم إلا إجراء النذر اليسير من التحليل لخيارات الإدارة البديلة. وفي الوقت الحالي، لا يخضع العدد الأكبر من الشعاب المرجانية إلا لدرجة منخفضة من الإدارة، ويرجع هذا بصورة جزئية إلى استمرار تجاهل منظمات التنمية الدولية والحكومات المحلية للفوائد الاجتماعية والاقتصادية التي توفرها المصايد على المستوى الصغير لأكثر سكان المناطق الساحلية فقرًا في العالم[11]. ويقدم مكنيل وزملاؤه تأكيدًا قاطعًا لفعالية الأدوات البسيطة للتحكم في المصايد، من قبيل وضع القيود على المناطق المحمية، وعلى عدة الصيد، وعلى أنواع السمك التي يسمح باصطيادها، وعلى إتاحة الوصول إلى الشعاب المرجانية. وإذا ما تم تَبَنِّي هذه المعايير بصورة جدية، فسوف يكون بمقدورها أن تؤمِّن مستقبلًا لتنمية مستدامة للشعاب المرجانية، وللبشر الذين يعتمدون عليها. ■

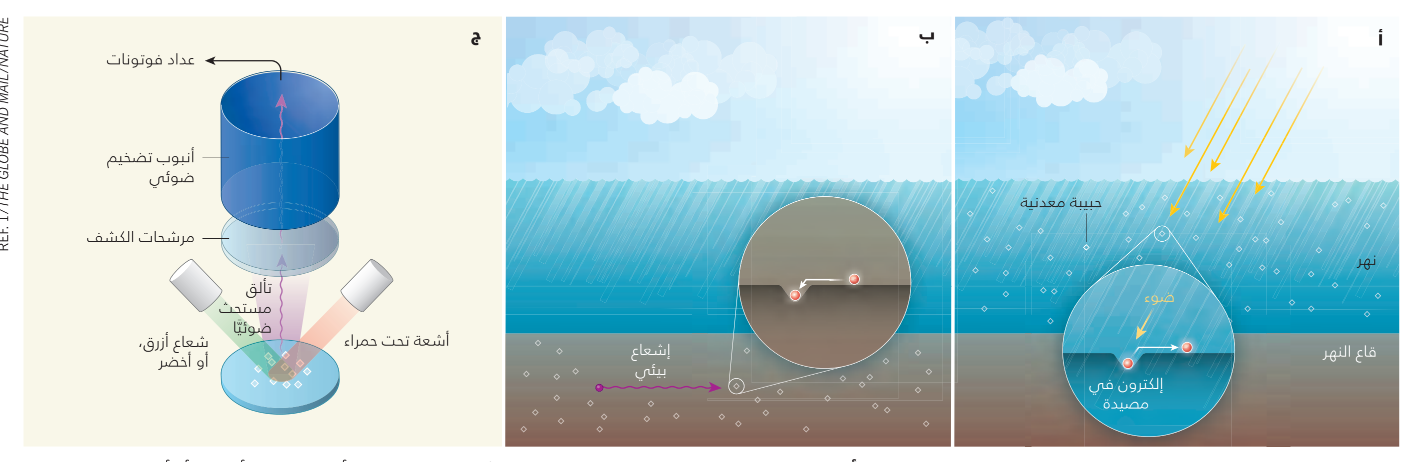
نيكولاس دلفي، و**هولي كايندسفاتر.** يعملان في قسم البيولوجيا، جامعة سيمون فريزر، بيرنبي، بريتيش كولومبيا, V5A 1S6 , كندا.
البريد الإلكتروني: dulvy@sfu.ca

1. Wing, S. & Wing, E. *Coral Reefs* **20,** 1–8 (2001).
2. Polunin, N. V. C. & Roberts, C. M. (eds) *Reef Fisheries* (Chapman & Hall, 1996).
3. MacNeil, M. A. *et al. Nature* **520,** 341–344 (2015).
4. Collen, B. *et al. Conserv. Biol.* **23,** 317–327 (2009).
5. Pickett, S. T. A. in *Long-term Studies in Ecology* (ed. Likens, G. E.) 110–135 (Springer, 1989).
6. De Santo, E. M. *J. Environ. Manage.* **124,** 137–146 (2013).
7. Edgar, G. J. *et al. Nature* **506,** 216–220 (2014).
8. Molloy, P. P., McLean, I. B. & Côté, I. M. *J. Appl. Ecol.* **46,** 743–751 (2009).
9. Hughes, T. P. *et al. Curr. Biol.* **17,** 360–365 (2007).
10. Hamner, W. M., Jones, M. S., Carleton, J. H., Hauri, I. R. & Williams, D. M. *Bull. Mar. Sci.* **42,** 459–479 (1988).
11. Sadovy, Y. *Fish Fisheries* **6,** 167–185 (2005).

تقنيات التأريخ

سَبْر أغوار الماضي

ذُكرت تقنية التأريخ الضوئي لأول مرة منذ 30 عامًا، محدثةً ثورة في الدراسات المتعلقة بالأحداث التي وقعت خلال السنوات الخمسمائة ألف الماضية. في هذا المقال، يقدم اثنان من متخصصي التأريخ الضوئي تقييمهما لأثره، ويستشرفان مستقبله.



الشكل 1 | مصائد إلكترونية تعمل كحافظات زمنية في الحبيبات المعدنية. أ، تتعرض الحبيبات المعدنية لأشعة الشمس عند نقلها عن طريق الهواء أو الماء، أو عندما تترسب على الأرض. تتحرر الإلكترونات المحبوسة في مصائد حساسة للضوء في الشبكيات البلورية للحبيبات بفعل الضوء، ومن ثم تعود إلى مواقعها الذرية الطبيعية. **ب،** عندما تُدفن الحبيبات وتُحجب عن أشعة الشمس، يعمل الإشعاع البيئي على تخلي الإلكترونات عن مواقعها، ومن ثم تلتقطها المصائد مرة أخرى. **ج،** إذا جُمعت الحبيبات (بشكل يحفظها من التعرض لضوء النهار)، وهُيِّئت في المعمل لاستقبال ضوء الأشعة تحت الحمراء، أو ضوء مرئي (أخضر، أو أزرق)، سيعمل تفريغ المصائد الإلكترونية على إثارة تألق مُستحث ضوئيًّا. وهو ما يتم تضخيمه عن طريق أنبوب تضخيم ضوئي، ثم يتم قياسه باستخدام عداد فوتونات. جرعة الإشعاع القديمة ـ التي تُستخدم لتحديد زمن دفن الحبيبات ـ يتم تقديرها بالجرعة المكافئة للإشعاع المعملي اللازم، لإنتاج إشارة تألق مستحث ضوئيًّا بالشدة نفسها[1]. ثم تُفصل إشارات التألق المستحث ضوئيًّا من الانبعاثات غير المرغوب فيها والضوء القادم من أشعة الحث، عن طريق المرشحات.

ريتشارد جي. روبرتس، وأولاف بي. ليان

تقترن عادةً الذكرى السنوية الثلاثون باللؤلؤ، الذي يشتهر ببريقه الناتج عن انعكاس وانكسار وحيود الضوء. من المناسب إذن ونحن في السنة الدولية للضوء وتقنياته، أن نحتفل أيضا ببزوغ فجر تقنية التأريخ الضوئي، التي نشرها[1] ديفيد هنتلي وزملاؤه في دورية *Nature* لأول مرة منذ ثلاثة عقود. حيث قاموا باقتراحها كطريقة لتحديد الزمن المنقضي، منذ آخر مرة تعرضت فيها الحبيبات المعدنية المنقولة بتيارات الهواء أو الماء لأشعة الشمس، قبل أن تُدفن على سبيل المثال في التضاريس الرسوبية. ومنذ ذلك الوقت وأصبح التأريخ الضوئي سلاحًا أساسيًّا في جعبة العلماء في جميع أنحاء العالم، إذ أتاح لهم ترتيب الأحداث الجيولوجية والبيولوجية والأثرية، في جدول زمني ممتد من الحاضر إلى نصف مليون سنة مضت، أو أي زمن سابق، قد يصل إلى ما وراء 50 ألف سنة، وهي حدود تأريخ الكربون المشع، ودون الحاجة إلى تصحيحات معايرة لاحقة.

يستغل التأريخ الضوئي الخصائص الفيزيائية لمصائد الإلكترونات الحساسة للضوء في المعادن واسعة الانتشار - وعلى رأسها الكوارتز والفلسبار - كما لو كانت "كبسولات زمنية" ذرية، حيث تُفرّغ هذه المصائد بسرعة عند تعرضها لأشعة الشمس، ولكنها تُعبأ باطّراد إذا كانت الحبيبات المعدنية مدفونة داخل رواسب محجوبة عن الضوء، وذلك بسبب الطاقة الواردة من الإشعاع البيئي (الشكل 1). ويتم حساب الزمن الذي انقضى منذ تعرض تلك الحبيبات المعدنية لأشعة الشمس، من التقدير المعملي لجرعة الإشعاع القديمة، مقسوم على المعدل الذي تمتص به الحبيبات الإشعاع المؤين من المصادر البيئية بعد الدفن[1-7].

كانت مجهودات هنتلي إلى جانب آن وتنل محورية، حيث طورت أساليب موثوقة للتأريخ بواسطة التألق الحراري لترسبات لم تتعرض للحرارة[8]. ويرتبط هذا الأسلوب ارتباطًا وثيقًا بالتأريخ الضوئي، فيما عدا أنه يتم تفريغ مصائد التألق الحراري بتسخين الحبيبات، وهي عملية تُحرِّر الإلكترونات من المصائد الضوئية الخاملة والحساسة للضوء. وعلى النقيض من تلك الطريقة، يمكن للتأريخ الضوئي تحقيق ذلك الهدف مباشرة، حيث استخدم هنتلي وزملاؤه[1] شعاعًا أخضر من ليزر الأرجون-أيون عالي القدرة؛ للحصول على تألق خافت مستحث ضوئيًّا (OSL) من حبيبات الكوارتز[3]. ومن ثم قارنوا هذه الإشارة، بالتألق المستحث ضوئيًّا، الوارد من الحبيبات، التي حُفِّزت بجرعات من الإشعاع في المختبر، وذلك لتقدير الجرعة الإشعاعية القديمة، وبالتالي زمن دفن الحبيبات.

على وجه السرعة، قام فريق علمي آخر بإعادة التجربة نفسها باستخدام ليزر مماثل[9]، لكن لم ينتشر التأريخ الضوئي على نطاق أوسع، إلا بعد اكتشاف حساسية الفلسبار الشديدة للحث بالأشعة تحت الحمراء[10]، مما أتاح الاستخدام المريح "للصمامات الثنائية المشعة للضوء" -(LED)- تحت الحمراء. وبحلول أواخر التسعينات، نضجت هذه التقنية لتصبح أداة قوية لتأريخ ترسبات العصر الجيولوجي الرابع (الفترة الجيولوجية الحالية، التي بدأت منذ حوالي 2.6 مليون سنة)، مما سلط الضوء على تطور الكثبان الصحراوية والأشكال التضاريسية الأخرى، وعلى توقيت أنشطة الإنسان في الماضي، لا سيما في أستراليا وأوروبا[2].

انتشرت التطبيقات بشكل أكبر بانتهاء الألفية الثانية، بعد عقد من تطوير طرق[2] "العيّنة أحادية التقسيم" لتحديد جرعة الدفن، التي اقترحها[1] هنتلي وزملاؤه لأول مرة. تلا ذلك.. أن اعتمدت معامل عديدة في جميع أنحاء العالم التأريخ الضوئي، نظرًا إلى أنه كان مدعومًا بالعديد من التطورات، كان أولها استحداث طرق[11] "الجرعات التجددية للعينات أحادية التقسيم" (SAR)، (التي تنطوي على إجراء قياسات متكررة للتألق المستحث ضوئيًّا، على حبيبات فردية، أو مجموعات منفصلة من الحبيبات، للحصول على العديد من التقديرات المستقلة على قيمة جرعة الدفن لعينة الرواسب). ومن هذه التطورات أيضًا، استخدام الأساليب الإحصائية المتاحة لتحليل بيانات[12] التألق المستحث ضوئيًّا، بالإضافة إلى تضمين مصابيح "الصمامات الثنائية المشعة للضوء" الساطعة بما يكفي، وليزرات الحالة الصلبة المدمجة؛ لحث حبيبات الكوارتز والفلسبار التي أُعدت لهذا الغرض، وكذا الأجهزة الأوتوماتيكية[13].

وقد تناولت الدراسات الناجمة أسئلة كثيرة، عن مواضيع تتراوح بين ديناميكيات التكوينات الطبيعية، والتغيرات المناخية وتنمية التربة لتطور الإنسان وانتشاره خلال بضع مئات من الآلاف من السنين الماضية، وكذلك المزيد من الأحداث الأثرية الأخيرة[3-7]. فقد كشف التأريخ الضوئي علامات رمزية في التاريخ البشري، فعلى سبيل المثال.. كشف عن فترة ظهور الحلي الشخصية والتكنولوجيا المبتكرة المرتبطة بالإنسان البدائي، التي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ظهرت منذ أكثر من 70 ألف سنة في جنوب أفريقيا، وكانت منتشرة على نطاق واسع في جميع أنحاء المنطقة خلال 60 ألف سنة مضت[14-16]، أي بنحو 15 ألف سنة قبل دخول الإنسان الحديث أوروبا. وكان للتقنية أيضًا دور رئيس في تأسيس معرفتنا بوصول البشر إلى أستراليا، منذ 50 ألف سنة[17]، وأن آخِر "الحيوانات الضخمة" -(الجرابيات العملاقة والزواحف والطيور التي لا تطير، التي تنقلت سابقًا في أنحاء القارة)- لقيت حتفها بعد وقت قصير[18]، وذلك خلال فترة زيادة الجفاف، ومع ذلك فإن هذه الفترة تلتها فترة طويلة ذات مناخ أكثر جفافًا[4,17].

تستمر التطورات المنهجية والآلية في إحراز مزيد من التقدم في التأريخ الضوئي. فهناك حبيبات كوارتز عديدة لها خصائص فيزيائية غير مناسبة لطرق الجرعات التجديدية للعينات أحادية التقسيم. وهناك أيضًا المزيد من التعقيدات المحتملة، وهي عدم كفاية تعرُّض الحبيبات لضوء الشمس، قبل الترسيب واختلاط الرواسب بعد الدفن. تسمح قياسات الحبيبات فردية ـ الوحدة الأساسية للتحليل في التأريخ الضوئي ـ بالتحقق من هذه العوامل في نطاق حجم حبيبات الرمل، باستخدام طرق الجرعات التجديدية "للعينات أحادية التقسيم"[12]. وقد ساعد ذلك على تحسين دقة قياس الأعمار بالضوء، وذلك بالحد من الشك الملازم لقياس إشارات التألق المستحثة ضوئيًّا، المركبة من حبيبات متعددة[7,15].

ومع ذلك.. لا تزال هناك قيود أخرى على التأريخ الضوئي، مما سيبقى الباحثين مشغولين في البحث عن حلول. النطاق الزمني هو أحد أهم هذه القيود، إذ يحكمه الحد الأقصى لعدد الإلكترونات التي يمكن تجميعها في مصائد حساسة للضوء، كما يحكمه الاستقرار طويل المدى لهذه المصائد في درجات حرارة البيئة. اقتصرت حدود تطبيقات التأريخ الضوئي على الكشف حتى 200 ألف سنة مضت، ولذلك بذل هنتلي وزملاؤه جهودًا كثيرة لدفع الحد الأقصى أبعد من المدى الزمني لـ800 ألف سنة مضت[1]، لكن انتهت محاولاتهم بالفشل. ورغم هذا.. تلوح في الأفق إمكانات جديدة، حيث تم مؤخرًا تحديد إشارات تأريخ ضوئي بمدى أطول في الكوارتز والفلسبار[5-7]. وإذا تم إثبات أن هذه القياسات أكيدة، أي بنفس دقة وتأكيد قياسات كرونوميتر موثوق به، فسيكون هناك مستقبل باهر للتأريخ الضوئي للأحداث الكبرى على الأرض والتاريخ البشري، خلال عصر البليستوسين، أي الفترة من حوالي 2.6 مليون إلى 0.8 مليون سنة مضت.

تجري التطويرات أيضًا على قدم وساق؛ لرسم خريطة لتوزيع الأعمار بالتأريخ الضوئي لحبيبات مفردة، على أسطح محفورة من رواسب سليمة وقطع أثرية[7]. وستصبح القدرة على معرفة مثل هذه الأعمار المُرتَّبة مكانيًّا تقدمًا، مقارنة بالطريقة الحالية لتجزئة العينات من أجل استخراج حبيبات تستطيع قياس التألق المستحث ضوئيًّا، وهو ما يؤدي بالضرورة إلى فقدان معلومات قيمة متضمنة. إن الأفكار والمعلومات الأساسية التي تم الحصول عليها، تعتبر في درجة الأهمية نفسها لتلك المكتسبة من تأريخ بلورة واحدة في فروع الجيولوجيا الأخرى، أو تحليل خلية مفردة في علم الأحياء.

آفاق التأريخ الضوئي الجديدة تشمل أيضًا استخدام إشارات التألق المستحث ضوئيًّا، لدراسة جثث الكائنات الحية التي دُفنت من أزمنة سحيقة في الطبيعة، ودراسة تطور السلاسل الجبلية[19]، بالإضافة إلى تأريخ مواقع المعادن على سطح المريخ باستخدام أجهزة الإنسان الآلي، التي من شأنها أن تدفع التأريخ الضوئي إلى الفضاء[20]. تطرح هذه التطبيقات تحديات بالغة الصعوبة، ولكن بالنظر إلى التقدم الذي حدث خلال الثلاثين سنة الماضية، يمكننا توقع أن التأريخ الضوئي سيلقي الضوء على كثير من تاريخ هذا الكوكب، وربما الكواكب الأخرى، قبل أن نحتفل بعيده الخمسين. ■

ريتشارد جي. روبرتس يعمل في مركز العلوم الأثرية، كلية علوم الأرض والبيئة، جامعة ولونجونج، ومقرها: ولونجونج، نيو ساوث ويلز 2522، أستراليا. **أولاف بي. ليان** يعمل في قسم الجغرافيا والبيئة، جامعة فريزر فالي، ومقرها: أبوتسفورد، بريتيش كولومبيا V2S 7M8، كندا.
البريد الإلكتروني: rgrob@uow.edu.au؛ olav.lian@ufv.ca

1. Huntley, D. J., Godfrey-Smith, D. I. & Thewalt, M. L. W. *Nature* **313,** 105–107 (1985).
2. Aitken, M. J. *An Introduction to Optical Dating* (Oxford Univ. Press, 1998).
3. Lian, O. B. & Roberts, R. G. *Quat. Sci. Rev.* **25,** 2449–2468 (2006).
4. Prescott, J. R. & Robertson, G. B. *Aust. J. Earth Sci.* **55,** 997–1007 (2008).
5. Rhodes, E. J. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* **39,** 461–488 (2011).
6. Liritzis, I. *et al. Luminescence Dating in Archaeology, Anthropology, and Geoarchaeology: An Overview* (Springer, 2013).
7. Roberts, R. G. *et al. J. Archaeol. Sci.* **56,** 41–60 (2015).
8. Wintle, A. G. & Huntley, D. J. *Nature* **279,** 710–712 (1979).
9. Smith, B. W., Aitken, M. J., Rhodes, E. J., Robinson, P. D. & Geldard, D. M. *Radiat. Protect. Dosim.* **17,** 229–233 (1986).
10. Hütt, G., Jaek, I. & Tchonka, J. *Quat. Sci. Rev.* **7,** 381–385 (1988).
11. Murray, A. S. & Roberts, R. G. *Radiat. Meas.* **29,** 503–515 (1998).
12. Galbraith, R. F., Roberts, R. G., Laslett, G. M., Yoshida, H. & Olley, J. M. *Archaeometry* **41,** 339–364 (1999).
13. Bøtter-Jensen, L., McKeever, S. W. S. & Wintle, A. G. *Optically Stimulated Luminescence Dosimetry* (Elsevier, 2003).
14. Henshilwood, C. S. *et al. Science* **295,** 1278–1280 (2002).
15. Jacobs, Z. *et al. Science* **322,** 733–735 (2008).
16. Brown, K. S. *et al. Nature* **491,** 590–593 (2012).
17. Bowler, J. M. *et al. Nature* **421,** 837–840 (2003).
18. Roberts, R. G. *et al. Science* **292,** 1888–1892 (2001).
19. Herman, F., Rhodes, E. J., Braun, J. & Heiniger, L. *Earth Planet. Sci. Lett.* **297,** 183–189 (2010).
20. Kalchgruber, R., Blair, M. W., McKeever, S. W. S., Benton, E. R. & Reust, D. K. *Planet. Space Sci.* **55,** 2203–2217 (2007).

كيمياء المواد

إنتاج الوقود من المياه باستخدام بوليمرات عضوية

انضمت البوليمرات المسامية إلى صفوف المحفزات النشطة ضوئيًّا التي تفكك جزيئات الماء لإنتاج الهيدروجين، وهو بديل للوقود أحفوري خال من الكربون. ويمكن ضبط خواص هذه البوليمرات بسهولة، فيما يمثل خطوة كبيرة لتطوير محفزات ذات تطبيقات عملية نافعة.

فيجاي فياس، وبيتينا لوتش

يمكن الاعتماد على ضوء الشمس كمصدر غير محدود للطاقة، من خلال تسخير مورد طبيعي آخر شديد الوفرة وهو الماء. فعندما تتفكك جزيئات الماء بالحث الضوئي إلى أكسجين وهيدروجين، يتولد وقود كيميائي قابل للتخزين، بلا انبعاثات كربونية، مما قد يؤدي إلى حل مشكلة الطلب المتزايد على الطاقة. للوهلة الأولى تبدو مهمة تفكيك جزيئات الماء باستخدام ضوء الشمس مهمة بسيطة، ولكنها تتطلب محفزات من أشباه الموصلات، وتحتل المحفزات غير العضوية موقع الريادة في هذه العملية. أوضح سبريك وزملاؤه[1] في دورية الجمعية الكيميائية الأمريكية، أن التحفيز الضوئي العضوي (التحفيز المنشط بالضوء)، قد يكون مفيدًا مثل نظيره غير العضوي، كما أنه يتيح فرصًا مغرية لعمل أبحاث مستقبلية، لأن استجابة المحفزات للضوء يمكن التحكم فيها وضبطها فيزيائيًّا.

إن تصميم محفزات ضوئية لتفكيك جزيئات الماء، ليس بالأمر اليسير على الإطلاق: فلا يكفي أن تمتص هذه المحفزات الضوء بكفاءة لتوليد حالات استثارة ضوئية، بل يجب أيضًا أن يطول أمد هذه الاستثارات بحيث تؤدى إلى فصل فعال للشحنات عند سطح العامل الحفاز، حيث تحدث تفاعلات الأكسدة والاختزال اللازمة لتفكيك جزيئات الماء.

وغالبًا ما يتطلب التحفيز الضوئي الجسيمي "استهلاك" عوامل أخرى لها قوة دفع ديناميكي حراري أكبر من الماء وذلك لاستقبال حامل الشحنة المتولدة ضوئيًّا. وهذا من شأنه أن يسهل عملية فصل الشحنات التي تُعد أصعب خطوة في عملية التحفيز الضوئي. بالإضافة إلى هذا، لا تعمل معظم حالات التحفيز الضوئي بكفاءة دون عامل حفاز مساعد، مثل البلاتين أو أي معادن نبيلة أخرى، وذلك لخفض فقد الطاقة المرتبط بتوليد الهيدروجين أو الأكسجين.

هناك الكثير من الجهود البحثية المبذولة المنصبة على إيجاد مواد أكثر مقدرة على تجميع أشعة الشمس ونقل الشحنات وتفكيك الماء الي هيدروجين وأكسجين. تتكون أغلب هذه المواد من أشباه موصلات غير عضوية[2]، وهي متينة للغاية، إلا أن خواصها غير قابلة للضبط والتعديل. وبالرغم من ورود تقارير عن حدوث التحفيز الضوئي الخالي من المعادن لمواد مثل نترات الكربون[3]، إلا أن البوليمرات العضوية اللينة لم تجد بعد مكانها في هذا السباق. يركز الآن سبريك وزملاؤه في بحثهم على قدرة البوليمرات العضوية المسامية على توليد الهيدروجين. حيث توفر هذه المواد اللينة فرصًا وافرة للتعديل المنهجي في فجوات حزام الطاقة، وهي خاصية تتحكم في انتقاء ما يمكن امتصاصه من مناطق الطيف الشمسي، حيث يمكن التحكم في هذه الخاصية لتحسين كفاءة التحفيز الضوئي.

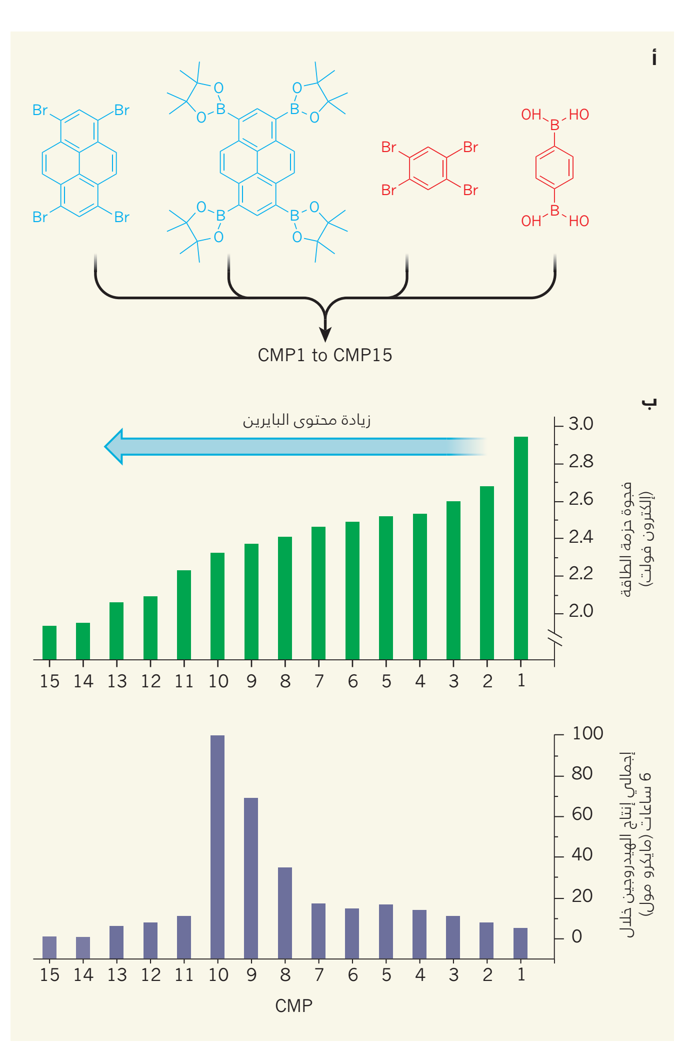
تتضمن المواد العضوية التي تتكون من شبكات ذرية ثنائية الأبعاد أطرًا عضوية تساهمية[4]، بالإضافة إلى "بوليمرات مترابطة غير بلورية، دقيقة المسام" (CMPs)[5]، وهي مواد خاملة كيميائيًّا ومستقرة حراريًّا، وذات خواص إلكترونية ضوئية يمكن الاستفادة منها، كما أن مساحاتها السطحية كبيرة. لذا.. تم استخدامها على نطاق واسع في امتزاز الغاز والاستشعار الكيميائي والتحفيز[6]. ويمكن تصنيع هذه المواد من مجموعة كبيرة من لَبِنَات تكوين المواد العضوية، والتفاعلات المنشِئة للروابط، مما يوفر إمكانية كبيرة للتحكم الدقيق في خواصها التركيبية والفيزيائية.

حضَّر سبريك وزملاؤه مجموعة تتكون من 15 بوليمرًا مختلفًا من "البوليمرات المترابطة دقيقة المسام"، عن طريق خلط لَبِنَات تكوين الفينيلين والبايرين، باستخدام تفاعلات مُحفَّزة بالبلاديوم (انظر الشكل 1). أظهرت البوليمرات تغيرات تدريجية في الخواص الضوئية، اعتمادًا على نسبة وحدات الفينيلين إلى البايرين. فقد أدت زيادة محتوى البايرين إلى انخفاض تدريجي في فجوة حزام الطاقة الضوئية من 2.95 إلكترون فولت إلى 1.94 إلكترون فولت، وهو التأثير الذي سمح للبوليمرات بامتصاص كميات أكبر من الطيف الشمسي. وقد أرجع الباحثون هذا السلوك إلى هيمنة تأثير المدارات الجزيئية للبايرين ـ كلما ازدادت نسبته ـ على الاستثارات الضوئية منخفضة الطاقة في البوليمرات. وقد أشار الباحثون أيضًا إلى أن ظهور التأثيرات الهيكلية ـ مثل تكوين تراكيب تحتية حلقية ودرجة الإجهاد بداخلها ـ يقترن بزيادة محتوى البايرين.

اختبر الباحثون البوليمرات المسامية من حيث قدرتها على تحفيز توليد الهيدروجين من الماء في الضوء المرئي، مستخدمين المركب العضوي "ثنائي إيثيلامين" كمانح إلكتروني مُستهلَك. وكان من اللافت للنظر أنْ أدّت كل البوليمرات إلى توليد مستقر للهيدروجين لمدة 6 ساعات على الأقل، وفي أفضل الحالات لم تتوقف البوليمرات عن العمل لأكثر من 100 ساعة، دون أي انخفاض يذكر في النشاط. وقد تنبأ الباحثون بهذا السلوك من خلال الحسابات النظرية التي أظهرت أن كل "البوليمرات المترابطة دقيقة المسام" ذات قوى دفع دينامية حرارية شديدة لتوليد الهيدروجين. وقد لاحظ سبريك وزملاؤه غياب أي علامات للتحلل الضوئي على أي من "البوليمرات المترابطة دقيقة المسام" خلال إجراء التجارب، حيث ظلت مستقرة. وجدير بالذكر أن هذا الاستقرار شرط أساسي لأي محفز يُراد استخدامه خارج إطار المختبرات.

كان من المتوقع أن يرتفع معدل توليد الهيدروجين عبر مجموعة البوليمرات -أي تقلص حزام الطاقة- اعتمادًا على الخواص الضوئية "للبوليمرات المترابطة دقيقة المسام"، إلا أن الباحثين لاحظوا أن توليد الهيدروجين يصل إلى ذروته عند أحد البوليمرات "المترابطة دقيقة المسام"، الذي تساوي فجوة حزام طاقته 2.33 إلكترون فولت (الشكل 1)، ثم يتراجع توليد الهيدروجين بعد ذلك مع البوليمرات المتبقية ذات أحزمة الطاقة الأصغر. يعتقد الباحثون أن عملية إعادة اندماج حاملات الشحنة المفصولة –التي تمنع نقل الإلكترونات خارج البوليمر- تهيمن على "البوليمرات المترابطة دقيقة المسام" التي تحتوي على أحزمة الطاقة الأصغر، أو التي ترتفع قيمة الحاجز الحركي لنقل الإلكترونات فيها، حيث إن أيًّا من الظاهرتين يؤدي إلى إضعاف توليد الهيدروجين.

من الملفت للنظر أن البوليمرات تظل نشطة في غياب أي من المعادن النبيلة المضافة، مما يوفر حلًّا محتمَلًا للمشكلة القائمة التي طالت دراستها، والمتعلقة بكيفية تقليل كمية الحوافز المساعدة الضرورية غالية الثمن، ولكن، كما أوضح الباحثون، من الممكن أن تعمل بقايا من معدن البلاديوم العالقة في "البوليمرات المترابطة دقيقة المسام" أثناء تصنيعها، كحوافز مساعدة مخفية. ومن أجل استبعاد احتمال تأثير بقايا المعادن النبيلة تأثيرًا ملموسًا على معدل توليد الهيدروجين، أجرى سبريك وزملاؤه تجارب تحفيز ضوئي خالية من البلاديوم، مع إضافة مقصودة للبلاتين في بعض التجارب. كما أجروا اختبارات أخرى، أضافوا فيها أول اكسيد الكربون "للقضاء" على أي أثر للبلاديوم. أشارت كل هذه الدراسات إلى أن معدل توليد الهيدروجين يرتبط بشدة بفجوة حزام الطاقة الضوئي أكثر مما يرتبط بمحتوى المعادن النبيلة.



الشكل 1 | المواصفات الضوئية وخصائص التحفيز الضوئي لمجموعة من البوليمرات المسامية. أ، أعَدَّ سبريك وزملاؤه[1] 15 بوليمرًا من "البوليمرات المترابطة دقيقة المسام" (CMPs) عن طريق مزج لبنات بنائية تحتوي على الفينيلين (أحمر) والبايرين (أزرق)، مع زيادة نسبة وحدات البايرين بالنسبة للفينيلين عبر المجموعة. **ب،** تتقلص فجوة حزام الطاقة الضوئ مع زيادة محتوى البايرين، مما يدلل على ارتفاع قدرة البوليمر على تحفيز إنتاج الهيدروجين من الماء عبر المجموعة، عند تعريضه للضوء المرئي. في الواقع، بلغ إنتاج الهيدروجين ذروته عند البوليمر CMP10، ربما بسبب الآليات التي تقلل من توافر الإلكترونات المشاركة في تفاعلات إنتاج الهيدروجين في حالة البوليمرات التي تبدأ من CMP11 إلى CMP15.

كما أن هناك سمة أخرى بارزة للتحفيز الضوئي "للبوليمرات المترابطة دقيقة المسام"، وهي النشاط الضوئي الانتقائي للضوء المرئي، مع غياب شبه كامل لهذا النشاط الانتقائي في نطاق الأشعة فوق البنفسجية. هذا الانتقاء غير المعتاد يجعل منها محفزات "حقيقية"، تعمل في نطاق الضوء المرئي، مما يبشر بتصميمات مستقبلية لمحفزات ضوئية تمتص جزءًا كبيرًا من طيف الضوء المرئي، ذات كفاءة قصوى في تجميع الضوء.

يواجه سبريك وزملاؤه فكرة تفضيل التحفيز الضوئي باستخدام أشباه الموصلات غير العضوية، عن طريق تسليط الضوء على فعالية المحفزات الضوئية العضوية، والمدجحة بترسانة من بروتوكولات الهندسة الجزيئية الملائمة لإنتاج محفزات معقدة ذات فجوات أحزمة طاقة مُطوَّرة. ولكن ـ كما هو الحال مع جميع الإنجازات الكبيرة ـ يبقى الكثير من العمل قائمًا لتحويله إلى تطبيق عملي واسع الانتشار، حيث سيكون من الضروري توفُّر فهم أكثر عمقًا لديناميات حاملات الشحنة، وطبيعة مواقع التحفيز النشطة؛ من أجل زيادة فعالية التحفيز الضوئي للبوليمرات، وجعْلها قابلة للتطبيق العملي. سوف يتطلب ضبط النشاط التحفيزي تحكمًا دقيقًا في تكوين البوليمرات، وخصوصًا التحكم في درجة تبلورها وتراكيبها المجهرية، مما سيطرح تحديًا كبيرًا في بروتوكولات التصنيع، وسيتطلب على الأرجح تطوير طرق بديلة رخيصة للبلمرة العكسية. وأخيرًا، لا يزال التحدي المتعلق بإنتاج بوليمر مسامي قادر على تحفيز التفكيك التام لجزيئات الماء، دون الحاجة إلى موانح إلكترونية مستهلكة، تحديًا غير متحقق، لكن الفرص ما زالت مفتوحة، والسباق لم ينتهِ بعد. ■

فيجاي فياس، وبيتينا لوتش معهد ماكس بلانك لأبحاث الحالة الصلبة، شتوتجارت، ألمانيا، وقسم الكيمياء بجامعة ميونيخ (LMU) بألمانيا.
البريد الإلكتروني: b.lotsch@fkf.mpg.de

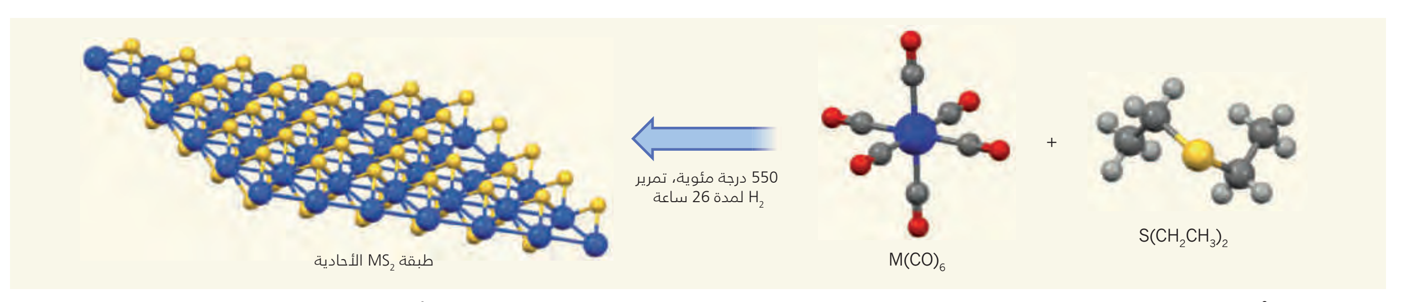
1. Sprick, R. S. *et al. J. Am. Chem. Soc.* **137,** 3265–3270 (2015).
2. Simon, T. *et al. Nature Mater.* **13,** 1013–1018 (2014).
3. Wang, X. *et al. Nature Mater.* **8,** 76–80 (2009).
4. Côté, A. P. *et al. Science* **310,** 1166–1170 (2005).
5. Xu, Y., Jin, S., Xu, H., Nagai, A. & Jiang, D. *Chem. Soc. Rev.* **42,** 8012–8031 (2013).
6. Ding, S.-Y. & Wang, W. *Chem. Soc. Rev.* **42,** 548–568 (2013).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم المواد

أشباه الموصِّلات تتمدد؛ وتصير رقيقة

تمددت مؤخرًا المساحة السطحية لطبقات أشباه موصِّلات رقيقة السُّمك بالمقياس الذري، وهي تُسمّى معادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية، وهذا التمدد كان منتظمًا على مقياس السنتيمتر المربع، وهو ما يمهد الطريق لأقصى تصغير ممكن للتطبيقات الإلكترونية.



الشكل 1 | تمدد أشباه موصلات ذات طبقات رقيقة السمك بالمقياس الذري على مساحة كبيرة. أ، يعلن كانج وزملاؤه[2] عن تمكُّنهم من تصنيع طبقات أحادية من أشباه الموصلات من MS_2 (حيث M هي المولبيدنوم أو التنجستين)، بحيث تكون متماثلة إلكترونيًّا على مقياس السنتيمتر المربع، وهذا على رقائق السليكون المطلية بالسيليكا (SiO_2). تتضمن تلك العملية تعريض الرقائق الساخنة إلى مركبات أولية، مثل $M(CO)_6$ وكبريتيد ثنائي الإيثيل ($S(CH_2CH_3)_2$)، وهذا عند درجات حرارة مرتفعة، وفي وجود غاز الهيدروجين. الكبريت موجود في الصورة باللون الأصفر، وذرات المعدن باللون الأزرق، والأكسجين باللون الأحمر، والكربون باللون الرمادي الداكن، والهيدروجين باللون الرمادي الفاتح. أما الرقائق، فليست مبيَّنة بالصورة.

توبين ماركس، ومارك هيرسام

إن الانتشار الواسع للأجهزة الإلكترونية اليوم، هو نتيجة لتطوير رقائق مواد أشباه الموصلات التي تتمتع بتماثل استثنائي في شكلها الفراغي. هذه الرقائق تمكّننا من إنتاج دوائر متكاملة فعالة، لأن كل ترانزستور من مليارات الترانزستورات التي تتكون منها الدوائر يبدي سلوكًا فيزيائيًّا نستطيع التنبؤ به، ونجد أن الاختلافات في الأداء بين الأجهزة المصنوعة بتقنية دوائر أشباه موصلات متكاملة صغيرة جدًّا، بل أصغر من أي اختلافات في الأداء بين الأجهزة المصنوعة بأي تقنية أخرى. وعلى صعيد آخر.. أدّى تصغير الترانزستورات على مدار سنوات إلى لفت نظر الباحثين إلى موضوع الحد الأدنى لحجم الترانزستورات، وهي الأجهزة الإلكترونية المصنوعة بسُمْك على المقياس الذري. وقد تم بلوغ هذا الحد الأدنى في مختبرات الأبحاث بتصنيع نماذج أولية تجريبية من مواد شبه موصلة رقيقة سمكها مُقاس بالمقياس الذري[1]، لكن الدوائر المتكاملة لا يمكن صنعها باستخدام هذه الأجهزة، إلا إذا أمكن تمدد المواد الرقيقة بالمقياس الذري بشكل متماثل على مساحات سطحية كبيرة. ويتحدث كانج وزملاؤه[2] عن خطوة أساسية في هذا الاتجاه، فقد تمكنوا من بلوغ ذلك التمدد المتماثل على مقياس رقاقة – أي عدة سنتيمترات مربعة – وهي رقاقة من أكثر فئات الرقاقات الواعدة من أشباه الموصلات ثنائية الأبعاد.

ومعادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية (TMDs) محكومة بالمعادلة العامة MX_2، حيث يرمز M إلى المعدن، مثل المولبدينوم (Mo)، أو التنجستين (W)، أما (X) فيمكن أن يكون عنصر الكبريت، أو السلينيوم، أو التيلوريوم. هذه مواد شبه موصلة ذات بنية ثنائية الأبعاد، تتكون من طبقات أحادية بسُمْك ثلاث ذرات، مصفوفة فوق بعضها البعض بالترتيب X-M-X، وترتبط الطبقات بعضها ببعض عن طريق قوى فان دير فالس البينية، وبذلك تكون مشابهة لبِنْيَة الجرافيت. إن عوامل الانجذاب نحو استخدام معادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية كان منصبًّا على صورتها السائبة[3]، وذلك في تطبيقات مثل مواد التشحيم، والمواد المخزنة للطاقة، والمواد الحفازة، غير أن الاهتمام المكثف بخصائص المواد الإلكترونية ثنائية الأبعاد الرقيقة بالمقياس الذري مثل الجرافين، كان قد امتد إلى مواد الـMX_2، وذلك لأنها توفر إمكانية تصنيع ترانزستورات ومستشعرات ضوئية وخلايا شمسية وأجهزة مشعة للضوء، ذات أداء عال، ومرونة ميكانيكية.

أغلب الأبحاث التي حاولت تصنيع أجهزة من معادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية رقيقة السُّمك بالمقياس الذري، استخدمت أشكالًا مقشرة ميكانيكيًّا (وهي عينات مجهزة عن طريق إزالة قليل من الطبقات الذرية من المادة السائبة، على سبيل المثال عن طريق استخدام الشرائط ذاتية الالتصاق)[4]. أو بدلًا من ذلك.. استخدمت بعض الأبحاث طبقات أحادية غير منتظمة الشكل، أو شظايا ذات سُمك عدة طبقات تحتها طبقة سفلية عازلة كهربيًّا[4]. إن الخطوة التالية نحو التصنيع على نطاق واسع سوف تتطلب ابتكار طرق عملية لطلاء مساحات مواد ذات سُمْك رقاقة بطبقات أحادية من مادة MX_2، بشكل متماثل هيكليًّا وإلكترونيًّا، وعلى طبقات سفلية متنوعة.

مع وضع هذا الهدف في الاعتبار، نجد أن طرق ترسيب الأبخرة الكيميائية (CVD)، وطرق ترسيب الأبخرة الكيميائية المعدنية العضوية (MOCVD)، تمكننا من طلاء مساحات كبيرة دون الحاجة إلى معدات تفريغ هواء باهظة الثمن، كالتي تُستخدم في الطرق الأخرى. وعادة تُستخدَم مركبات أولية متطايرة في تلك التقنيات، لتوصيل المواد الكيميائية المطلوبة لطلاء الطبقات السفلية التي تم تسخينها، وفي بعض الأحيان يتطلب الأمر توفير طاقة إضافية مساعدة في شكل بلازما، أو ضوء. إن التطبيق العملي الفعال لعمليات ترسيب الأبخرة الكيميائية، وترسيب الأبخرة الكيميائية المعدنية العضوية، أدّى إلى استخدامها على نطاق أوسع لطلاء مساحات أكبر على طبقات سفلية متنوعة، مثل ألواح الزجاج المتصل، ومثاقب الحَفْر، والأجهزة الإلكترونية البصرية.

حتى الآن، ركّز توسع تقنيات الطلاء باستخدام مادة MX_2، بشكل كبير على الطلاءات السميكة منخفضة الاحتكاك، وفي العادة تُستخدم مركبات MF_6 الأولية السامة والمسببة للتآكل[5,6] -F هو عنصر الفلور- فضلًا عن كبريتيد الهيدروجين (H_2S) شديد السُّمِّيَّة كمصدر للكبريت. وتتضمن الطرق الأخرى المتعلقة بالطلاء ترسيبًا مدعمًا بالرذاذ[7] للأبخرة الكيميائية المعدنية العضوية، ويتم تمرير كبريتيد الهيدروجين أو بخار الكبريت على شرائح معدنية ساخنة أو أكاسيد معدنية (MO3) مرسبة مسبقًا على طبقة سفلية[8,9]. وبرغم هذا.. فمن المستبعد أن يتمكن الباحثون من استخدام أيٍّ من الطرق السابقة في تمدد المساحة السطحية لطبقات MX_2 الأحادية، بحيث تكون متماثلة هيكليًّا وإلكترونيًّا على مساحات كبيرة.

على النقيض من ذلك، يوضح كانج وآخرون عملية ترسيب الأبخرة الكيميائية المعدنية العضوية، من أجل تمدد مساحة طبقات MoS_2 وWS_2 الأحادية، التي تتمتع بتماثل في الأبعاد الفراغية على رقائق السليكون المطلية بالسليكا (SiO_2)، حيث إن هذه العملية تستخدم مركبات سداسي كربونيل المعدن مثل $Mo(CO)_6$ و$W(CO)_6$ -المتوفرة في السوق والمتطايرة والآمنة- كمركبات أولية للمولبدينوم والتنجستين على الترتيب، وأيضًا تستخدم تلك العملية كبريتيد ثنائي الإيثيل ($S(CH_2CH_3)_2$) كمركب أولي للكبريت (صورة 1). كما أضاف الباحثون غاز الهيدروجين إلى تيار المركبات الأولية لإزالة الرواسب الكربونية التي تتشكل خلال عملية التمدد.

بهذه الطريقة، أعد كانج وآخرون طبقات MoS_2 الأحادية على مساحات بالسنتيمترات المربعة، واستخدموها لعمل مصفوفات من الأجهزة المجهرية، تُدعى ترانزستورات تأثير المجال، وهي تتمتع بكفاءة في الأداء تصل إلى 99% - بعد الفحص، وقد وجد الباحثون أن عدد 2 ترانزستور فقط فشلا في التوصيل من أصل 200 ترانزستور تم فحصها. وبلغ انتقال الإلكترونات داخل الأجهزة في درجة حرارة الغرفة 30 سنتيمترًا مربعًا لكل فولت في الثانية الواحدة – وهي نسبة جيدة بالنسبة لمعادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية – كما أن قابلية الانتقال الإلكترونية كانت تعتمد بشكل طفيف على أبعاد الترانزستورات، أو موقعها داخل الرقاقة. ويواصل الباحثون إثبات أن السيليكا يمكن ترسيبها على الطبقة الأحادية من معادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية، وهذا بعد إجراء أول خطوة تمدد في مساحة ترسيب الأبخرة الكيميائية المعدنية العضوية أولاً. كما أوضحوا أيضًا أن عملية ترسيب الأبخرة الكيميائية المعدنية العضوية يمكن تكرارها بعد ذلك، مما ينتج عنه طبقات متعددة رقيقة السُّمك بالمقياس الذري من معادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية المعزولة كهربيًّا. ومن

هنا يمكن صناعة هياكل إلكترونية ثلاثية الأبعاد، مما يغري بتصنيع دوائر كهربية فائقة الكثافة، وهو ما كان مستحيلًا باستخدام إلكترونيات السيليكون التقليدية.

ورغم أن النتائج الجديدة تشكل تقدمًا كبيرًا لأبحاث أشباه الموصلات الرقيقة ذات سمك المقياس الذري، إلا أن ثمة مشاكل رئيسة، لا بد من معالجتها قبل طرح التطبيقات العملية لهذه النتائج. فعلى سبيل المثال.. ظروف التمدد المثالية تتطلب الحفاظ على درجة حرارة قدرها 550 درجة مئوية على مدار 26 ساعة، بيد أن درجة الحرارة تلك مرتفعة للغاية، بحيث يصعب استخدامها مع الطبقات السفلية البلاستيكية المرنة المتاحة حاليًّا، ومن ثم فهناك حاجة إلى عملية أخرى تعمل عند درجات حرارة منخفضة، أو طريقة أخرى لنقل مساحة كبيرة من طبقات معادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية الرقيقة السمك بالمقياس الذري، من مكانها في طبقة التمدد السفلية، بدون إدخال أي ملوثات أو عيوب أو تجاعيد في هذه الطبقات عند نقلها من طبقة التمدد. كما أن الوقت الطويل الذي يتطلبه التمدد سيمثل مشكلة تجارية لعمليات التصنيع عالية الإنتاجية.

بالرغم من الجودة النسبية لسماح انتقال الإلكترونات المرصودة في معادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية، إلا أن قيمة هذا الانتقال لا يزال أقل بعشر مرات من قابلية الانتقال الإلكترونية لدى السليكون البلوري السائب. ولهذا السبب نحن في حاجة إلى مزيد من الأبحاث لإيجاد طرق لـ "تطعيم" ـمعادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية – مثلاً بإضافة كميات ضئيلة من الشوائب – وذلك من أجل التحكم في نوع وتركيز حاملات الشحنات. وأخيرًا، فإن حدود قيم الجهد الكهربي الخاص بالأجهزة يجب ضبطها، للسماح بإنتاج هياكل إلكترونية منخفضة الطاقة، مثل تقنية شبه موصل أكسيد المعدن المُكمل (CMOS)، المستخدمة على نطاق واسع.

يفتح شبه الموصل ثنائي الأبعاد الذي طوره الباحثون فرصًا لصناعة أجهزة ودوائر كهربية جديدة متطورة وذات كفاءة أعلى من ترانزستورات تأثير المجال التقليدية. على سبيل المثال، بسبب أن معادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية أحادية الطبقة تكون رقيقة السمك بالمقياس الذري، فإنها لا تملك خاصية القدرة على القيام بمسح كامل للمجالات الكهربية الواقعة عموديًّا على الطبقة الأحادية، مع العلم بأن هذه الخاصية قد تسمح بتطوير صمامات ثنائية ذات وصلة متغايرة ذات بوابة قابلة للضبط، وذلك من أجل التطبيقات التي تستخدم دوائر اتصالات عالية السرعة[10]. إضافة إلى ذلك.. فإن العيوب الممتدة مثل حدود الحبيبات في طبقة معادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية الأحادية، يمكن التحكم في تأثيرها عن طريق التأثير بجهد كهربي. وهو الأمر الذي يمكن أن يؤدي إلى إنتاج أجهزة الذاكرة المقاومة ذات البوابات القابلة للضبط، وهي اللبنة الأساسية الواحدة لكل من ذاكرة الحاسوب غير المتطايرة، ولهيكل[11] دوائر محاكاة الدماغ الكهربية التي تشبه المخ البشري. وأخيرًا نوضح أن الانتشار الكبير لمعادن الكالكوجينيدات الثنائية الانتقالية أحادية الطبقة المتماثلة على مساحة سطحية كبيرة، من شأنه أن يساعد على تسريع وتيرة التقدم في هذه المجالات الناشئة، مما يسمح بالاستكشاف السريع للإمكانيات الكاملة لأشباه الموصّلات ثنائية الأبعاد. ■

توبين ماركس، و**مارك هيرسام** من قسم علم وهندسة المواد، وقسم الكيمياء، ومركز بحوث المواد بجامعة نورث ويسترن، إيفان ستون، ولاية إلينوي 60208، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: t-marks@northwestern.edu
m-hersam@northwestern.edu

1. Jariwala, D., Sangwan, V. K., Lauhon, L. J., Marks, T. J. & Hersam, M. C. *ACS Nano* **8,** 1102–1120 (2014).
2. Kang, K. *et al. Nature* **520,** 656–660 (2015).
3. Chhowalla, M. *et al. Nature Chem.* **5,** 263–275 (2013).
4. Li, H., Wu, J., Yin, Z. & Zhang, H. *Acc. Chem. Res.* **47,** 1067–1075 (2014).
5. Scharf, T. W., Prasad, S. V., Mayer, T. M., Goeke, R. S. & Dugger M. T. *J. Mater. Res.* **19,** 3443–3446 (2004).
6. Doll, G. L., Mensah, B. A., Mohseni, H. & Scharf, T. W. *J. Therm. Spray Tech.* **19,** 510–516 (2010).
7. McCain, M. N., He, B., Sanati, J., Wang, Q. J. & Marks, T. J. *Chem. Mater.* **20,** 5438–5443 (2008).
8. Lee, Y.-H. *et al. Adv. Mater.* **24,** 2320–2325 (2012).
9. Song, I. *et al. Angew. Chem. Int. Edn* **53,** 1266–1269 (2014).
10. Jariwala, D. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **110,** 18076–18080 (2013).
11. Sangwan, V. K. *et al. Nature Nanotechnol.* **10,** 10.1038/nnano.2015.56 (2015).

علوم المواد

تجاعيد مميزة تحدِّد الهَوِيَّة

تتشابه بعض التجاعيد العشوائية ـ المولدة تلقائيًّا على أغلفة الجسيمات الميكروية ـ مع بصمات الأصابع، من حيث الأنماط المميزة التي يمكن استخدامها في مكافحة التزييف، كعلامات غير قابلة للنسخ.

جي ين، وماري بويس

صاغ جوتفرايد فيلهيلم ليبنز بوضوح مبدأه في عدم تطابق المتماثلات[1] بعبارة: "لا وجود لورقتي شجر متماثلتين في الحديقة". وقد أثبت باي وزملاؤه[2] المبدأ نفسه في بحثهم المنشور في دورية "أدفانسد ماتيريالز" *Advanced Materials* من خلال جسيمات ميكروية مجعدة، ذات أنماط سطحية تشبه الدهاليز، فلا يوجد جسيمان ميكرويان متماثلان، حتى وإنْ تشكّلا تحت ظروف تبدو متماثلة. استخدم الباحثون الخصائص الفريدة وغير المتكررة لهذه التجاعيد كبصمات أصابع اصطناعية دقيقة؛ من أجل أغراض التشفير وتحديد الهوية.

تنتشر التجاعيد في صور مختلفة، بدءًا من ثنيات الجلد البشري، مرورًا بطيّات الستائر، حتى تجاعيد أسطح حبّات الزبيب. تاريخيًّا، كان يُنظر إليها باعتبارها عيوبًا ناتجة عن التموج المفاجئ للسطح المستوى تحت تأثير بعض الأحمال[3]، ولكن اكتشفت إمكانية استخدام التجاعيد كطريقة للحصول على أنماط متموجة، خاصة على النطاق الميكروي للمرة الأولى[4] في عام 1998، وذلك بأغلفة رقيقة صلبة ملتصقة بركائز لينة. ومنذ ذلك الحين، يستخدم التجعيد كوسيلة مرنة لتوليد أنماط سطحية منتظمة[5]، ولتسخير تضاريس السطح في نطاق واسع من التطبيقات التي يمكن التحكم فيها وضبطها، مثل قياسات خصائص المواد[6] والترطيب[7] واللصق[7] والضوئيات[8] والإلكترونيات[9].

صنع الباحثون جسيمات ميكروية مجعدة من خلال تجفيف سلائف تتألف من نواة بوليمرية لينة، مغلفة بقشرة صلبة من السليكا، في عملية تشبه طريقة عمل الزبيب. عندما يتم تجفيف الجسيم، ينكمش قلبه (الذي يناظر اللب اللين للعنب)، دون انكماش قشرته (المناظرة لقشرة العنب). يؤدي هذا إلى حدوث فائض في المساحة السطحية للقشرة، التي تتجعد تلقائيًّا لاستيعاب القلب المتقلص. وقد أظهرت دراسات سابقة[10] للأسطح المجعدة الرقيقة على الركائز الكروية اللينة أنماطًا لدهاليز تماثل تلك المذكورة في هذا البحث، لكن باي وزملاؤه كانوا من أوائل مَنْ سخّروا خصائص عدم التجانس والعشوائية لأنماط التجاعيد غير المنتظمة في تطبيقات عملية[8]. تشبه أنماط النتوءات الميكروية بجسيمات باي وزملائه، بصمات أصابع الإنسان، حيث إن السمات الرئيسة للشقوق تنتمي إلى نوعين من الدقائق: نتوءات منتهية، ونتوءات متفرعة (الشكل 1).

عندما فحص الباحثون أماكن وكثافة مئات من دقائق الجسيمات الميكروية المجعدة، التي تشكلت تحت ظروف متطابقة، فوجئوا بعدم وجود أي أنماط متماثلة، خلافًا لأنماط التجاعيد المتكررة التي وردت في الكثير من البحوث السابقة[4-7]. يمكن التنبؤ نظريًّا بالطول الموجي المحدد للنتوءات، إلا أن الهيكل المتعرج لكل دهليز يتشكل عشوائيًّا ويحتوي على دقائق يمكن أن تُستخدَم كمحدِّدات هوية.

خصص الباحثون هذه الدقائق باستخدام الآلية التقليدية نفسها، المستخدمة في قراءة بصمات الأصابع. ووجد



الشكل 1 | التشابه بين بصمات الأصابع، وأنماط التجعيد السطحية للجسيمات الميكروية. أ، تتفرد بصمات أصابع الإنسان بأنماط دهاليز سطحية مميزة تحتوى على نوعين من الأشكال (الدقائق): نتوءات منتهية (بنفسجية)، ونتوءات متفرعة (خضراء). **ب**، أورد باي وزملاؤه[2] عن أنماط لدهاليز سطحية مولدة تلقائيًّا من التجاعيد على سطوح الجسيمات الميكروية، لها الخصائص الفريدة نفسها للدقائق. (الصورة مأخوذة من المرجع 2).

الشكل 2 | حساسية أنماط التجعيد للعيوب الفراغية على الطبقات. تصوِّر هذه المحاكاة الحاسوبية (التي أجراها كتاب مقال أنباء وآراء باستخدام طريقة العناصر المنتهية) أنماطًا للتجعيد، تتشكل على هيئة ثلاثة أنظمة، تتعرض فيها طبقة سُمكها 250 نانومترًا مثبتة على ركيزة لينة مستوية للضغوط ثنائية المحور نفسها. يتضمن كل نظام ابتدائي اختلافات في السُّمك في بعض المواقع العشوائيـة، لا تزيد على 0.1% من سُمْك الطبقة الأصلية. ينتج عن هذه الاختلافات ـ التي قد تبدو ضئيلة ـ ثلاثة أنماط تجاعيد مميزة، ذات نِسَب مختلفة من النتوءات المنتهية (البنفسجية) والنتوءات المتفرعة (الخضراء).

الباحثون أن البصمات الاصطناعية الدقيقة تحتوي على عدد أكبر من الدقائق الموجهة عشوائيًّا، بالمقارنة ببصمات أصابع الإنسان، وبالتالي يمكنها أن توفر مستوى أعلى من التثبت عند استخدامها في تطبيقات تحديد الهوية. وإضافة إلى ذلك.. تثبت أنماط التجاعيد بمجرد تشكلها، لأن غلاف السليكا صلب، وقادر على تحمل ظروف قاسية مثل درجات الحرارة حتى 200 درجة مئوية، وتناوب الانتفاخ والتقلص عند التعرض للإيثانول.

أورد باي وزملاؤه أن عدد شقوق النتوءات في وحدة المساحة يتناسب عكسيًّا مع الطول الموجي للتجاعيد المميزة، وأنه يمكن إكثار عدد الدقائق في وحدة المساحة باستخدام أغلفة أقل سُمكًا من السليكا، وبالتالي يمكن التحكم في مستوى دقة التثبت عند استخدام هذه الجسيمات كمحددات هوية. إضافة إلى هذا، أوضح الباحثون أنه يمكن تخليق هذه البصمات الدقيقة على أسطح جسيمات هندسية معقدة، مثل أشكال الحروف الهجائية. يمكِّن هذا الأمر من تصنيف الجسيمات والتعرف عليها بشكل فعال، من خلال مقارنتها بأنماط مخزنة في قواعد بيانات، مما يجعل ختم عدد كبير من المنتجات بمحددات هوية ممكنًا. وأوضح الباحثون أنه يمكن فك شفرة أنماط التجعيد الميكروية باستخدام آلة تسمى مجهر الليزر الماسح متحد البؤر، عندما تلتصق هذه الجسيمات بالمنتجات المختلفة.

يقدم هذا الاكتشاف الجديد احتمالات استخدام تفاصيل الشقوق في دهاليز التجاعيد كمعلومات مميزة تحدد الهوية، وذلك في تطبيقات التشفير والتأمين. كما أنه يثير الكثير من الأسئلة، ويقترح فرصًا بحثية مستقبلية. فعلى سبيل المثال.. هل يمكننا فهم وتسخير خاصية عدم التماثل؟ وما العوامل التي تحدد درجة العشوائية؟ ومن المحتمل أن تكون أنماط الدهاليز هذه حساسة لبعض العيوب الهندسية أو التركيبية البسيطة في الأغلفة. وقد تمت ملاحظة أنماط الدهاليز غير المنتظمة في الطبقات الرقيقة فوق ركائز مستوية لينة، تحت حمل متماثل ثنائي المحور[4]، ولذلك.. أجرينا محاكاة رقمية سريعة على ثلاثة أنظمة مشابهة، تختلف فيما بينها في وجود نتوءات بسيطة، أدخلت بشكل عشوائي (0.1% أكثر سُمكًا من بقية المواضع المثالية). وأظهرت المحاكاة كما هو مبين بالشكل 2، أن هذه الأنظمة شبه المتطابقة تحتوي على عيوب هندسية عشوائية ضئيلة، ينشأ عنها ثلاثة أنماط من تجاعيد الدهاليز تحت ظروف الأحمال نفسها، ويبقى أن نرى ما إذا كان نفس المبدأ ينطبق على الأنظمة المنحنية التي استخدمها باي وزملاؤه، أم لا. كما تعتبر أنماط التجاعيد فوق الركائز المستوية فريدة من نوعها، وبالتالي قد تكون قابلة للتطبيق في استخدامات تحديد الهوية.

قد يكون التطبيق واسع النطاق للبصمات الاصطناعية الميكروية محدودًا حاليًّا، لأن فك تشفيرها يتطلب مجهرًا متخصصًا فائق الدقة، إلا أنه من الممكن تطبيق تقنية التجعيد نفسها على مستويات أكثر طولًا، مما يمكِّن من قراءتها بسهولة (كما هو الحال في بصمات الإنسان). ومع ذلك.. فإن توافر أنماط تجاعيد ميكروية عشوائية غير قابلة للتكرار يتيح الفرصة أمام كثير من تطبيقات التشفير، مما يستوجب تطوير آلية بسيطة محمولة، قادرة على فك شفرة المعلومات. ■

جي ين باحث في قسم الهندسة الميكانيكية ومعهد تمبل للمواد، جامعة تمبل فيلادلفيا، بنسيلفانيا 19122 ، الولايات المتحدة الأمريكية. **ماري بويس** باحثة بكلية الهندسة والعلوم التطبيقية لمؤسسة فو، جامعه كولومبيا، نيويورك، نيويورك 10072، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني:jieyin@temple.edu
boyce@columbia.edu

1. de Risi, V. *Geometry and Monadology: Lebniz's Analysis Situs and Philosophy of Space* (Birkhäuser, 2007).
2. Bae, H. J. *et al. Adv. Mater.* http://dx.doi.org/10.1002/adma.201405483 (2015).
3. Timoshenko, S. P. & Gere, J. M. *Theory of Elastic Stability* 2nd edn (McGraw-Hill, 1961).
4. Bowden, N., Brittain, S., Evans, A. G., Hutchinson, J. W. & Whitesides, G. M. *Nature* **393,** 146–149 (1998).
5. Genzer, J. & Groenewold, J. *Soft Matter* **2,** 310–323 (2006).
6. Chung, J. Y., Nolte, A. J. & Stafford, C. M. *Adv. Mater.* **23,** 349–368 (2011).
7. Yang, S., Khare, K. & Lin, P.-C. *Adv. Funct. Mater.* **20,** 2550–2564 (2010).
8. Kim, J. B. *et al. Nature Photon.* **6,** 327–332 (2012).
9. Rogers, J. A., Someya, T. & Huang, Y. *Science* **327,** 1603–1607 (2010).
10. Cao, G., Chen, X., Li, C., Ji, A. & Cao, Z. *Phys. Rev. Lett.* **100,** 036102 (2008).

أيض

مَسَــارٌ دُهْنِيّ للنمـــو

كَشَفَ تحليل الخلايا الطلائية البطانية، التي تدخل في تركيب الأوعية الدموية، بشكل غير متوقَّع عن اعتماد التكاثر في هذا النوع من الخلايا على أكسدة الأحماض الدهنية؛ لتدعيم عملية تخليق الحمض النووي.

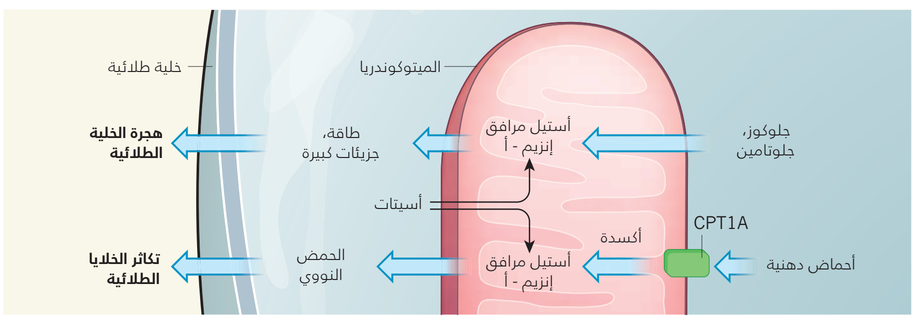
روبرت إيجناتشيك، ورالف ديبراردينيس

يتطلب تكوين الأوعية الدموية هجرة وتكاثر خلايا وعائية تُدعى الخلايا الطلائية البطانية. تمثل أغلب الخلايا الكتلة الحيوية والطاقة المطلوبة للتكاثر، عن طريق تحويل المصادر الغنية بالكربون مثل السكريات والأحماض الأمينية إلى كتل بناء جزيئية. يذكر شورز وزملاؤه[1] أن أكسدة الأحماض الأمينية إلى جزيئات أستيل مرافق إنزيم - أ يُولِّد مصدرًا غير متوقع للكربون، وهو مطلوب في الخلايا الطلائية البطانية لإنتاج النيوكليوتيدات من أجل عملية تخليق الحمض النووي. ويكبح منع أكسدة الأحماض الدهنية تكاثر الخلايا الطلائية البطانية، كما يحمي الفئران من شكل شائع لفقدان البصر يُدعى (اعتلال الشبكية الخِدَاجي) والذي يسببه عملية تكوين خارجة عن السيطرة للأوعية الدموية.

تعتبر عملية الأيض الوسيط – العملية التي عن طريقها تنتج الخلايا الطاقة وتستهلكها- أقرب ما تكون إلى شبكة من الطرق التي تسهل تدفق حركة المرور. تعتمد الوظيفة الكلية للشبكة على مجموعة محددة من التقاطعات الرئيسة التي تلتقي عندها المسارات قبل تشعُّبها لشبكات فرعية. ويتموضع أستيل مرافق إنزيم - أ عند أحد أعقد هذه التقاطعات، وهو ناتج عن تفكك الكربوهيدرات، والدهون، والبروتينات، ويغذي الكربون داخل دورة الحمض الثلاثي الكربوكسيل، كما يعتبر محورًا رئيسًا في كل من عمليتي تكوين الطاقة، والتخليق الجزيئي. وإضافة إلى ذلك.. فبما أن أستيل مرافق إنزيم – أ يعد ركيزة عملية الأسْتلة، فإن التعديل الجزيئي للبروتينات المرتبطة بالحمض النووي، التي عادة ما ترتبط بالنسخ النشط، مرتبط بشكل وثيق بعملية التعبير الجيني وبقرار الدخول في طور التكاثر[2,3]. وبهذه الطريقة يتم ربط الأيض الوسيط بوظيفة الخلية.

أثناء عملية تكوين الأوعية الدموية، تستجيب الخلايا الطلائية البطانية للإشارات الخارجية عن طريق تنشيط برنامج معقد للتكاثر والهجرة. ولقد تم تمييز مصادر الطاقة في الخلايا البطانية المولدة للأوعية الدموية[4]، إلا أن مصدر أستيل مرافق إنزيم – أ، ودوره في عملية تكوين الأوعية الدموية يظل مجهولًا. وفي بعض الأنسجة المتطلبة للطاقة ـ مثل القلب، والعضلات الهيكلية ـ توفر أكسدة الأحماض الدهنية طويلة السلسلة مصدرًا غنيًّا لأستيل مرافق إنزيم – أ. ويتضمن هذا المسار تتابعًا متكررًا من التفاعلات التي تحدث في عضيّات تدعى الميتوكوندريا، والتي تُنتج مع كل دورة مكافئات مختزلة لإنتاج الطاقة، محرِّرة ذرتي كربون من الحمض الدهني في شكل أستيل مرافق إنزيم – أ.

لدراسة دور أكسدة الأحماض الدهنية (FAO) في الخلايا الطلائية البطانية لدى الفئران، قام شورز وزملاؤه بتثبيط إنزيم كارنيتين بالميتويل ترانسفيريز 1أ (CPT1A)، وهو الإنزيم المطلوب لدى الميتوكوندريا لاستيراد الأحماض الدهنية طويلة السلسلة. ويؤدي هذا إلى عدم مقدرة الخلايا الطلائية البطانية



الشكل 1 | المسارات الأيضية في تكون الوعاء الدموي: يعتمد تكوين الأوعية الدموية على عمليات تكاثر وهجرة الخلايا الطلائية التي تتطلب إنتاج أستيل مرافق إنزيم- أ كناتج أيضي من الأسيتات في الميتوكوندريا. وتعتبر عملية تحويل الجلوكوز، والجلوتامين، وبعض المواد الغذائية إلى أستيل مرافق إنزيم - أ مطلوبة لإنتاج الطاقة والجزيئات الكبيرة، وكلاهما يعزز هجرة الخلايا الطلائية البطانية. وقد أثبت شورز وزملاؤه[1] أن إنتاج أستيل مرافق إنزيم –أ من أكسدة الأحماض الدهنية، التي يستوردها إنزيم CPT1A لِيُدخِلها للميتوكوندريا هي عملية مطلوبة لتخليق الحمض النووي، ولتكاثر الخلايا الطلائية. وقد ذكروا أيضًا أن عملية أكسدة الأحماض الدهنية هذه ليست مطلوبة لإنتاج الطاقة، أو لعملية هجرة الخلية.

على التكاثر، وإعاقة نمو الأوعية وتكونها في كل من الخلايا المُستزرَعة وداخل شبكية الفئران.

المثير للدهشة أنه على الرغم من الدور المعروف لعملية أكسدة الأحماض الدهنية في إنتاج الطاقة، إلا أن الباحثين وجدوا أن كمية الطاقة التي تنتجها الخلايا الطلائية البطانية لا تتغير بغياب إنزيم CPT1A. وعوضا عن ذلك، فقد تم استنفاد العديد من مُستقلَبات أستيل مرافق إنزيم – أ، خاصة وحدات بناء الحمض النووي (dNTPs). وتماشيًا مع الدور المحدد لعملية أكسدة الأحماض الدهنية في دعم تخليق الحمض النووي، فإن فقدان إنزيم CPT1A لا يؤثر في إنتاج البروتينات أو الحمض النووي الريبي. وإضافة إلى ذلك.. فإن تعزيز الخلايا الطلائية البطانية بوحدات dNTPs أو الأسيتات – الصورة الأولية لأستيل مرافق إنزيم – أ يعوض بالكامل تأثيرات فقدان إنزيم CPT1A في عملية التكاثر. ومن هذا المنظور، تُعتبر الخلايا الطلائية البطانية استثنائية، فأكثر الخلايا المتكاثرة، بما في ذلك خطوط الخلايا السرطانية، لا تستخدم الأحماض الدهنية كمصدر كربون في عملية تخليق الحمض النووي.

تُعد هذه النتائج مثيرة للاهتمام لعدة أسباب، أولًا: أن متطلبات عملية أكسدة الأحماض الدهنية في دعم تخليق الحمض النووي كان من الصعب التنبؤ بها على أساس العمل القائم على أيض الخلايا التكاثرية. لقد أكدت أبحاث أيض الخلايا السرطانية[5] على دور الجلوكوز والجلوتامين في تغذية تجمع مركبات أستيل مرافق إنزيم – أ أثناء النمو، وتفترض الأبحاث الأخيرة[6] أن الأسيتات تُعتبر أيضًا مصدر أستيل مرافق إنزيم – أ في الأورام، لكن على الرغم من حاجة بعض الأورام[7] لعملية أكسدة الأحماض الدهنية لكي تستمر، فلم يكن متوقعًا اكتشاف حقيقة أن عملية أكسدة الأحماض الدهنية توفِّر الكربون اللازم لتخليق الحمض النووي.

ثانيًا: يثبت البحث ـ بشكل لافت للنظر ـ أن المتطلبات الأيضية للنشاطين الأساسيين للخلايا الطلائية البطانية أثناء عملية تكوين الأوعية الدموية: الانتقال والتكاثر (شكل1). وبينما تفشل الخلايا الطلائية التي تفتقد إنزيم CPT1A في التكاثر بشكل طبيعي، تظل قادرة على الهجرة أو الانتقال. ومن ثَمّ، فلدى عملية أكسدة الأحماض الدهنية دور متخصص في الخلايا الطلائية، أكثر من الدور الذي يلعبه أيض الجلوكوز، والذي أثبت الباحثون أهميته من قبل لعمليتي نمو الخلايا، وتكاثرها[4]. ويؤمل أن تحفز دراسة شورز وزملائه المزيد من الأبحاث؛ لفهم ذلك الشكل غير المعتاد من الأيض.

ونظرًا لتوافر مصادر كربون متعددة لأستيل مرافق إنزيم – أ، ولدورة حمض ثلاثي الكربوكسيل، فمن الغريب أن الخلايا الطلائية لا تستطيع تعويض فقدان إنزيم CPT1A. فهل ينشئ تفاعل أكسدة الأحماض الدهنية تجمعًا أيضيًّا محددًا لأستيل مرافق إنزيم – أ، يتفاعل في اتجاه تخليق dNTP؟ قد تساعد المزيد من الدراسات المماثلة لما قام به الباحثون هنا في الإجابة على هذا السؤال.

كتفسير بديل، لا يتعارض مع ما سبق، فإن تفاعلات أكسدة الأحماض الدهنية توفر منافع أيضية تتعدى تزويد الخلية بالكربون اللازم. والاكتشاف المذهل لهذا البحث هو أن فقدان إنزيم CPT1A يقلل مستويات dNTP، دون التأثير على الوحدات الأولية لإنتاج الحمض النووي الريبي (rNTPs)، ربما يوفر دليلًا على المتطلبات الدقيقة لهذه الخلايا من أجل عملية أكسدة الأحماض الدهنية. ويتطلب تحويل ـ rNTP إلى dNTP اختزال المُكافئات التي تُنتجها بوفرة عمليات أكسدة الأحماض الدهنية. وفي نماذج أخرى للتكاثر الخلوي، فإن الظروف التي تحفز أكسدة الأحماض الدهنية على حساب تخليق الحمض الدهني تحسّن القابلية الكلية لاختزال المُكافِئات[8]. ولذلك.. فمن الممكن أن تسهم التغيرات الدقيقة للأكسدة والاختزال في نضوب dNTP لدى الخلايا الطلائية المفتقرة إلى إنزيم CPT1A.

لقد تم الكشف في هذا البحث عن التَّبِعَات الأيضية التي يمكن أن تُستخدم لأغراض علاجية من الأمراض المرتبطة بالتكاثر الشاذ للخلايا الطلائية البطانية. كما أثبت الباحثون أن تفاعلات أكسدة الأحماض الدهنية الجهازية يعترضها مثبط كيميائي يخفف من الزيادة في عملية تكوين الأوعية الدموية لدى فأر التجارب المصاب باعتلال الشبكية الخداجي. وهذا المرض يؤثر على أكثر من 50% من الأطفال المولودين حديثًا بوزن مولود منخفض للغاية في جميع مناطق العالم، ويعتبر هذا المرض السبب الأساسي في تدهور الوظيفة البصرية على المدى البعيد. وسيكون أمرًا مهمًّا ومثيرًا للاهتمام أن نحدد ما إذا كانت الأشكال الأخرى للحالات غير الطبيعية لتكوين الأوعية الدموية، بما في ذلك تكون الأوعية الدموية الحديثة للأورام، تتطلب أكسدة الأحماض الدهنية أيضًا، أم لا. ■

روبرت إيجناتشيك، و**رالف ديبراردينيس** من معهد بحوث مركز الأطفال الطبي، المركز الطبي الجنوب غربي UT، دالاس، تكساس 75390–8502 الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: ralph.deberardinis@utsouthwestern.edu

1. Schoors, S. *et al. Nature* **520,** 192–197 (2015).
2. Cai, L., Sutter, B. M., Li, B. & Tu, B. P. *Mol. Cell* **42,** 426–437 (2011).
3. Wellen, K. E. *et al. Science* **324,** 1076–1080 (2009).
4. De Bock, K., Georgiadou, M. & Carmeliet, P. *Cell Metab.* **18,** 634–647 (2013).
5. Hensley, C. T., Wasti, A. T. & DeBerardinis, R. J. *J. Clin. Invest.* **123,** 3678–3684 (2013).
6. Comerford, S. A. *et al. Cell* **159,** 1591–1602 (2014).
7. Caro, P. *et al. Cancer Cell* **22,** 547–560 (2012).
8. Jeon, S.-M., Chandel, N. S. & Hay, N. *Nature* **485,** 661–665 (2012).

أحياء مجهرية

الملاريا ترسم حلقات حول الأرتيميسينين

في أجزاء من جنوب شرق آسيا، تُبْدِي طفيليات الملاريا مقاوَمةً تجاه المكوّن الفعال في الأدوية المضادة للملاريا التي تستند إلى الأرتيميسينين. قد يساعد تحديد مسار الإشارات الخلوية على تفسير هذه الظاهرة.

جيريمي بوروز

تخيّل أحجية صورة مقطّعة غير مكتملة. هناك جزءان منفصلان، يعودان بوضوح إلى الصورة نفسها، لكن القطع التي تربط بين الجزءين تصيبك بالحيرة. هذه هي الحالة التي يواجهها مجتمع بحوث الملاريا.

الجزء الأول من هذا اللغز هو الحقيقة بأن طفيليات الملاريا *Plasmodium falciparum*، في مناطق جنوب شرق آسيا، عندما تكون في المرحلة الحلقية (وهي مرحلة مبكرة من حياة الطفيلي منقولة بالدم)، تبدي درجات متفاوتة من المقاومة تجاه الديهيدروآرتيميسينين[1,2]، المكوّن النشط من صف الأرتيميسينين من الأدوية المضادة للملاريا[3]. والجزء الثاني هو المتهم في هذه المقاومة، أي الطفرات في بروتين يُدعى (PfKelch13)، التي يُعرف القليل عنها[4]، مما يعني أن الفهم الآلي لكيفية حدوث المقاومة مفقود. يقدم مبينجي وزملاؤه[5] بعض القطع المفقودة؛ للربط بين هذين الجزءين من الأحجية.

يمكن أن تنشأ المقاومة تجاه الأدوية بطرق مختلفة: فقد يتغير الهدف البيولوجي أو يتحوّر؛ لكي يحدّ من قدرة الدواء على الارتباط به؛ أو قد يصبح الدواء منفصلا فيزيائيا عن الهدف، ليصبح والحال هذه غير قادر على ممارسة تأثيره؛ أو قد ترتفع مستويات الهدف البيولوجي إلى درجة عالية تكفي للتغلب على وجود الدواء. يظهر مبينجي وزملاؤه أن الديهيدروآرتيميسينين (DHA) مثبط قوي لإنزيم في طفيلي *P.*

falciparum يدعى فُسفاتيديل إينوزيتول -3 كينيز (PfPI3K)، يعمل على فسفرة شحم فسفوري مهم، هو الفوسفاتيديل إينوزيتول (PI)، لإنتاج فوسفاتيديل إينوزيتول 3-فُسفات (PI3P) في المرحلة الحلقية[6] للطفيليات. ومع ذلك.. لا توجد علاقة بين الطفرات في PfPI3K وبين مقاومة الديهيدروآرتيميسينين، مما يشير إلى أنها ليست السبب الرئيس للمقاومة. ولا يقدّم الباحثون أي دليل على أن طفيلي الملاريا يفصل نفسه عن الديهيدروآرتيميسينين بتدميره، أو بطرده من موقع عمله، ولا على أن الطفيلي يختفي في حالة وقائية إلى أن يتبدّد الديهيدروآرتيميسينين[7]. وهذا يتركنا أمام فرضية أن أي زيادة في مستويات PfPI3K قد تؤدي إلى المقاومة، ولكن كيف يمكن الربط بين هذا، وبين PfKelch13؟

تأتي الأدلة عن وظيفة PfKelch13 من أدوار البروتينات المماثلة لها في خلايا الثدييات. يرتبط المعادل البشري لـ PfKelch13 بالأهداف البروتينية لتعزيز "الوسم" الجزيئي، حيث تضاف جزيئات اليوبيكويتين إلى الركيزة (عملية تسمى اليوبيكتنة المتعددة). ويمكن لهذه المعقدات البروتينية الموسومة باليوبكتين أن تطلق عمليات كيميائية حيوية أخرى، ولكنها تُعرف أيضًا وتتفكك بواسطة هيكل خلوي يسمى البروتيازوم. فسّر مبينجي وزملاؤه أن PfKelch13 قد يعمل بطريقة مماثلة في المرحلة الحلقية من طفيلي الملاريا، بوجود PfPI3K كهدف له (الشكل 1). فقد افترضوا أن الطفرات في PfKelch13 تكبح ارتباطه بـ PfPI3K. ومع تراجع ارتباط PfKelch13 وPfPI3K، سيكون هناك معدل أقل من "اليوبكتنة" المتعددة لـ PfPI3K، مما سيؤدي إلى تحلل أقل، وارتفاع في المستويات الخلوية من PfPI3K. وفي الواقع، أكد الباحثون أن زيادة مستويات PfPI3K وPI3P قد ترافقت مع طفرات معينة في PfKelch13. لقد ربطوا بين جزئي الأحجية.

ثمة مفاجآت في هذا العمل. أولًا، يبدو أن آلية العمل هذه خاصة بالطفيليات في مرحلتها الحلقية، مما يعني أن العواقب البيولوجية الأخرى المبلغ عنها للديهيدروآرتيميسينين تؤثر على الطفيلي في مراحل أخرى من دورة حياته. وعلى النقيض من ذلك، من الشائع الافتراض أن الدواء الذي يقتل الطفيليات في مراحل مختلفة من دورة حياتها يقوده هدف بيولوجي واحد، بدلًا من أن تقوده أهداف مختلفة تؤثر على مراحل مختلفة.

ثانيًا، أظهر المؤلفون أن الديهيدروآرتيميسينين يكبح PfPI3K بقوة تفوق قوة كبحه للكينازات البشرية، وأن هذا الكبح قابل للعكس. في الديهيدروآرتيميسينين هناك رابط بيروكسيدي (أكسجين – أكسجين) ضعيف، ويقدم الباحثون بيانات تشير إلى أن هذا الرابط، إلى جانب الميزات الجزيئية الأخرى للديهيدروآرتيميسينين، ضروري لكبح PfPI3K القابل للعكس. هذا الأمر مثير للاهتمام، لأن كل الآليات الأخرى التي تمكن الديهيدروآرتيميسينين بواسطتها من قتل الطفيليات تنطوي على كسر رابط البيروكسيد[8,9].

المفاجأة الثالثة هي أن الديهيدروآرتيميسينين يختلف في بنيته عن معظم أنواع الجزيئات المثبطة لأنزيمات الكينيز، على الرغم من أن مبينجي وزملاءه يستخدمون النمذجة لتقديم بعض التفسيرات المحتملة لهذا التناقض. سيكون من الرائع إجراء دراسات معمقة عن التداخلات بين الديهيدروآرتيميسينين وPfPI3K. أخيرًا، ترتبط طفرات PfKelch13 مع زيادة طفيفة فقط في مستويات PfPI3K في الطفيليات المقاومة، ولكن يبدو أن مدى مقاومة الديهيدروآرتيميسينين في المرحلة الحلقية على درجة من الأهمية، مما يشير إلى أن التغيرات الطفيفة في مستويات PfPI3K قد تكون ذات تأثير كبير على المقاومة.

يشير هذا إلى أن المقاومة يمكن التغلب عليها بزيادة جرعة الأرتيميسينين في التوليفات الدوائية، من أجل كبح PfPI3K بقوة أكبر – وقد تم إجراء دراسة[10] من هذا النوع بشكل مستقل.

الشكل 1 | آلية المقاومة. ذكر مبينجي وزملاؤه[5] أن مستويات إنزيم PfPI3K في الطفيلي المسبِّب للملاريا *Plasmodium falciparum*، يتم تنظيمها من قبل PfKelch13، وهو بروتين يرتبط بـ PfPI3K، ويتواسط إضافة مجموعات اليوبيكيتين (Ub)، التي تسم PfPI3K؛ لكي يتحلل. إن PfPI3K مطلوب من أجل فسفرة الفوسفوليبيد، الذي يُسمى فوسفاتيديل إينوزيتول (PI)؛ من أجل تشكيل فوسفاتيديل إينوزيتول -3فوسفات، معززًا الإشارات الخلوية والبقاء على قيد الحياة. يظهر المؤلفون أن الديهيدروآرتيميسينين (DHA)، المكوّن الفعال في الأدوية المضادة للملاريا التي تستند إلى الأرتيميسينين، يكبح فعالية PfPI3K في المرحلة الحلقية للطفيليات. يمكن للطفرات في PfKelch13 التي تمنعه من الارتباط بـ PfPI3K أن تزيد من معدل PfPI3K؛ وبالتالي تساعد الطفيليات في التغلب على تأثيرات الديهيدروآرتيميسينين.

لا يزال هناك كثير من الأسئلة، دون إجابة، وأهمها هو: لماذا تبقى الطفيليات على قيد الحياة عند ارتفاع مستويات PfPI3K وPI3P؟ وإضافة إلى ذلك.. ما زلنا بحاجة إلى معرفة كيف يثبط الديهيدروآرتيميسينين PfPI3K بالضبط. كيف يرتبط PfPI3K وPfKelch13 معًا، ولماذا تعوق الطفرات هذا الارتباط؟ وأخيرًا، لماذا تسبِّب "اليوبكتنة" المتعددة زيادة ارتباط PfKelch13 وPfPI3K التالي؟ وهل يؤدي الوسم إلى إحداث إشارات داخل خلوية، أم فقط لتدمير المعقّد بواسطة البروتيازوم؟

هل ستساعدنا معرفة هدف الديهيدروآرتيميسينين في المرحلة الحلقية في تصميم أدوية أفضل، كما يدّعي الباحثون؟ نعم، ولا. نظرًا إلى أن المقاومة تحدث نتيجة لعوامل أخرى غير طفرة PfPI3K، فإن مثبطات PfPI3K الجديدة ليست بحاجة إلى قوة كبيرة فقط، بل يجب أيضًا، بشكل أساسي، أن تظهر قوة ضد الطفيليات الرئيسة المقاوِمة في المرحلة الحلقية. نحن نعلم أن طفرات الـ PfKelch13 تستطيع أن تؤدي إلى ارتباط أقل بين PfKelch13 وPfPI3K، وأن هذا يفضي إلى المقاومة.

إنّ الوقت والفهم الأعمق بكثير للبيولوجيا الدفينة سيخبرانا عما إذا كانت الطفيليات قد تتغلب على مثبطات PfPI3K عن طريق الطفرات التي ستزيد من إنقاص الارتباط بين PfKelch13 وPfPI3K، أم لا. من منظور تطوير الأدوية، وباعتبار أن هناك أدوية أخرى مضادة للملاريا[11,12] قيد التطوير الإكلينيكي تمتلك رابطة بيروكسيد ضعيفة ولكنها مختلفة عن الديهيدروآرتيميسينين، سيكون من المثير للاهتمام أن نرى ما إذا كانت تبدي تثبيطًا لـ PfPI3K ومقاومة تجاه المرحلة الحلقية مماثلة لتلك التي يبديها الديهيدروآرتيميسينين[13]، أم لا. يبدو من المستبعد أن تؤشر هذه الدراسة إلى نهاية لغز مقاومة الملاريا. وقد أعلنت مراجعة لهذا المجال[2] أن "النِّقاش مستمر"، وأنا على ثقة مِن أنه سيستمر. ■

جيريمي بوروز من مشروع "أدوية من أجل الملاريا"، 1215 ماين، سويسرا.
البريد الإلكتروني: burrowsj@mmv.org

1. Ding, X. C., Beck, H.-P. & Raso, G. *Trends Parasitol.* **27,** 73–81(2011).
2. O'Neill, P. M., Barton, V. E. & Ward, S. A. *Molecules* **15,** 1705–1721 (2010).
3. Dondorp, A. M. *et al. N. Engl. J. Med.* **361,** 455–467 (2009).
4. Ariey, F. *et al. Nature* **505,** 50–55 (2014).
5. Mbengue, A. *et al. Nature* **520,** 683–687 (2015).
6. Vaid, A., Ranjan, R., Smythe, W. A., Hoppe, H. C. & Sharma, P. *Blood* **115,** 2500–2507 (2010).
7. Teuscher, F. *et al. J. Infect. Dis.* **202,** 1362–1368 (2010).
8. Meshnick, S. R., Taylor, T. E. & Kamchonwongpaisan, S. *Microbiol. Rev.* **60,** 301–315 (1996).
9. Haynes, R. K., Cheu, K.-W., N'Da, D., Coghi, P. & Monti, D. *Infect. Disord. Drug Targets* **13,** 217–277 (2013).
10. Das, D. *et al. Clin. Infect. Dis.* **56,** e48–e58 (2013).
11. Haynes, R. K. *et al. Angew. Chem. Int. Edn* **45,** 2082–2088 (2006).
12. Charman, S. A. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **108,** 4400–4405 (2011).
13. Witkowski, B. *et al. Antimicrob. Agents Chemother.* **57,** 914–923 (2013).

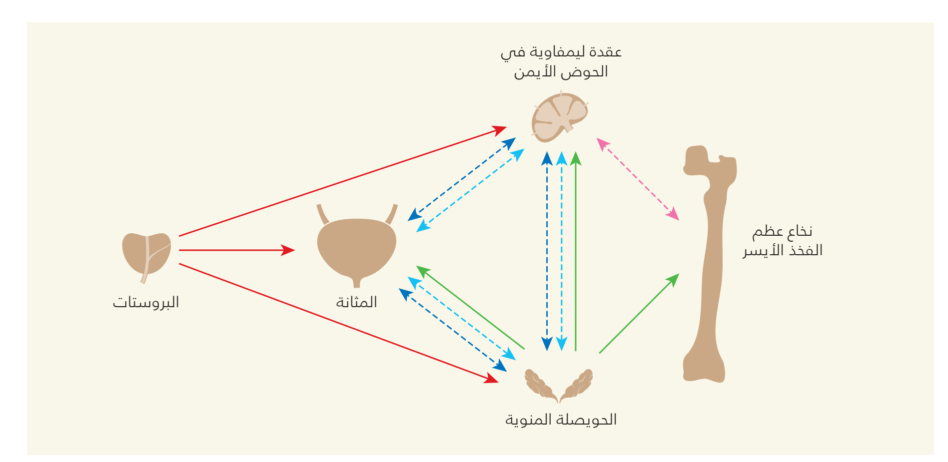
سرطان

بذور النقائل المعقَّدة

يكشف تحليل النقائل الورمية لسرطان البروستات عن هندسة خلوية معقدة، ويُظْهِر أن المواقع الثانوية يمكن بَذْرها بمجموعات خلوية متعددة مشتقة من الورم الأصلي، والأورام النقيلة الأخرى.

مايكل إم. شين

كيف ينتشر السرطان بين الأعضاء المختلفة؟ يَفترض نموذج (البذرة والتربة) الكلاسيكي، الذي اقتُرِح للمرة الأولى عام 1889، أن النقائل تنشأ من خلايا ورمية نادرة، أو البذور، التي تبقى حية بعد الخطوات اللازمة للخلاص من الورم الرئيس، وتتناثر لتصل إلى مواقع الأنسجة الثانوية، متكاثرة في الأنسجة التي تتوفر فيها البيئة المكروية المتوافقة، أي التربة[1]. وقد أشارت الدراسات التجريبية اللاحقة على سرطان البروستات[2] وغيره من أنواع



الشكل 1 | النماذج المعقدة للبذْر النقيلي. يبسّط هذا المخطط الطرق التي يمكن أن يتم بها البَذْر الخلوي النقيلي لدى المرضى المصابين بسرطان البروستات. كل مجموعة خلوية نسيلية فرعية – مجموعة من الخلايا تحتوي على المجموعة نفسها من الطفرات الجينية – تشكّل بذورًا لمواقع الاورام النقيلة، يمثلها سهم بلون مختلف، مزدوج الرأس، وتشير السهام المتقطعة إلى أن الاتجاه الذي يحدث فيه البَذْر غير معروف. وجد كل من جونديم وزملاؤه[4] وهونج وزملاؤه[5] أن النقائل يمكن بذْرها، لا بواسطة نسائل فرعية من الورم الأصلي فحسب، بل عن طريق تلك المشتقة من مواقع نقيلية أخرى أيضًا. وإضافة إلى ذلك.. يجد جونديم وزملاؤه دليلًا على البذر متعدد النسائل، حيث تبذر المجموعات نفسها من النسائل الفرعية في عدة مواقع نقيلية (والمشار إليها في هذا المثال بالسهام الزرقاء الداكنة، والزرقاء الفاتحة).

السرطان[3] إلى أن البذور النقيلة تتوافق مع خلايا فردية منتشرة، ولكن على النقيض من وجهة النظر البسيطة هذه، يُظْهِر بحثان[4,5] أن نقائل سرطان البروستاتا كثيرًا ما تعكس أنماطًا معقدة وديناميكية للتطور، ابتداءً من البذور التي تتكون من عدة خلايا مختلفة.

لقد أوضحت تقنيات الجيل التالي لوضع تسلسل الحمض النووي أن الأورام الأولية ليست نسيليّة (تتألف من مجموعة واحدة من الخلايا المتطابقة وراثيا)، لكنها تتألف من نسائل فرعية، مجموعات فرعية من الخلايا المتطابقة وراثيًا، يمكن تمييزها عن غيرها من النسائل الفرعية بواسطة الطفرات التي تضمها. تتنافس هذه النسائل الفرعية فيما بينها للهيمنة في أثناء تطور السرطان، ويمكن أن يؤدي العلاج الدوائي لتمكين النسائل الفرعية الورمية، التي كانت متنحية سابقًا، من أن تصبح مهيمنة إذا كانت مقاومة للعلاج[6]. وهكذا، يشكّل التطور النسيلي خصائص الأورام، ويمكنه تفسير اللّدونة في الاستجابة للعلاج، ولكن حتى الآن، لم يتم استكشاف التطور النسيلي بالتفصيل في سياق الأورام النقيلة.

قام جونديم وزملاؤه[4] بوضع تسلسل كامل الجينوم لواحد وخمسين من النقائل والأورام الأولية المأخوذة من عشرة من المرضى المصابين بسرطان البروستات القاتل، مستفيدين من عيّنات الأورام التي جمعت وحُفظت بعناية فائقة ضمن برنامج سريع لتشريح الجثة على مدى أكثر من 20 عامًا. ويشير هونج وزملاؤه[5] إلى تحليل مماثل لـ 26 عيّنة من أربعة مرضى. قامت المجموعتان بتحليل البيانات الناتجة من الناحية المعلوماتية الحيوية، مجمّعين الطفرات على أساس قابلية التنسيل أو تكرر النسائل الفرعية ضمن كل عينة، بعدئذ أعادوا بناء أشجار التطور؛ لإظهار علاقات ارتباط النقائل في كل مريض. بشكل عام، وجد الباحثون طفرات من المعروف أنها تفضي إلى سرطان البروستات في جذوع هذه الأشجار، بما يتفق مع حدوثها في الورم الرئيس. ومع ذلك، فإن العديد من هذه الأشجار شديد التشعب نتيجة لتشكّل النسائل الفرعية، ويترافق العديد من الفروع الفردية باكتساب مولّدات طفرات ممكنة تشارك في مقاومة العلاج.

من الملفت للنظر، أن جونديم وزملاءه في العمل قدموا دليلًا قاطعًا على أن اثنين أو أكثر من النسائل الفرعية قد استُزرعت في الموقع نفسه (وهي ظاهرة تُعرف باسم البذر متعدد النسائل) في واحد على الأقل من الأورام النقيلة لدى خمسة من المرضى العشرة الذين أُجري عليهم التحليل. وإضافة إلى ذلك.. تمت مشاركة عدة نسائل فرعية بين هذه البذور متعددة النسائل في ورمين نقيليين أو أكثر لدى جميع هؤلاء المرضى الخمسة، مما يشير إلى أن هذه النسائل الفرعية قد تتعاون وظيفيًّا فيما بينها لتعزيز التطور النقيلي. وإضافة إلى ذلك.. أظهر ثمانية من المرضى العشرة بَذْرًا نقيليًّا متصالبًا، حيث كانت النسائل الفرعية ضمن الورم النقيلي قد نشأت من موقع نقيلي آخر، بدلًا من أن تنشأ من الورم الرئيس (الشكل 1). يمكن لهذا البَذْر المتصالب التتابعي أن يحدث خطيًّا من ورم نقيلي إلى ورم نقيلي آخر في نموذج متشعب، حيث يمكن لورم نقيلي واحد أن يشكل بذرة لاثنين أو أكثر غيره؛ أو أن يحدث خطيًّا ليتبعه التفرّع. وقد وجد هونج وزملاؤه أيضًا أدلة على البذر المتصالب، ووصفوا موجات زمنية محددة من البذر النقيلي من الورم الأساسي.

تقدِّم الدراسات أيضًا قدرة على فهم المسارات الجزيئية التي تكتسب أورامُ البروستات من خلالها مقاوَمةً للعلاج. ونظرًا إلى أن أورام البروستات تعتمد بشكل رئيس على الهرمونات الأندروجينية، مثل التستوستيرون، فإن الحرمان من الأندروجين بسبب الإخصاء الكيميائي أو الجراحي شديد الفعالية علاجيًا. ومع ذلك، يمكن لسرطان البروستات أن يعاود الحدوث، إذا أصبح الورم "مقاومًا للإخصاء"، وهو ما يحدث عادة عن طريق الطفرات التي ترفع درجة تنظيم فعالية مسارات مستقبلات الأندروجين. يذكر جونديم وزملاؤه أن الطفرات المختلفة التي يعزّز كل منها مقاومة الإخصاء تتعايش في نسائل فرعية متميزة في جسم المريض. إضافة إلى ذلك، وجد هونج وزملاؤه أن عيّنات الدم التي أُخذت وقت الوفاة كانت ما تزال تحتوي على نسائل الورم الأساسي، بعد عدة سنوات من استئصاله جراحيًّا. يشير هذا إلى أن الخلايا الورمية الجوالة في الدم التي تمتلك القدرة على بذر النقائل تدوم إلى أمد طويل.

يطرح التركيب النسيلي متغاير المنشأ للأورام النقيلة الموصوف في هذين التقريرين مسألة ما إذا كانت التغايرية النسيلية أمرًا جوهريًّا لعملية الانتقال الورمي. في الواقع، يبدي نموذج فأري لسرطان الرئة صغير الخلية أيضًا دليلًا على البذر النقيلي متعدد النسائل[7]. قد يُفَضّل نوع كهذا من البذر عندما يتعاون نوعان أو أكثر من النسائل الفرعية الورمية المتباينة على تعزيز نموهما المشترك وبقائهما على قيد الحياة[8-10]. والأكثر من ذلك.. يُظهر تحليل الخلايا الورمية الجوالة في سرطان الثدي أن البذر النقيلي كثيرًا ما تتوسطه مجموعات صغيرة من الخلايا الورمية الحاوية على نسائل متعددة، بدلًا من خلايا مفردة[11].

إذا جُمِعت الدراسات الحالية معًا، يمكن أن تفسر الأسباب التي تجعل الانتقال الورمي الناجح نادرًا نسبيًّا، نظرًا لانتشار الخلايا الورمية الجوالة في المرضى الذين يعانون من الأورام الصلبة - فالانتقال الورمي قد يصبح سهلًا عن طريق البذر بواسطة المجموعات الخلوية التي تحتوي على نسائل متعاونة ذات خصائص متميزة. إذا كان الأمر كذلك، فمن المغري التكهن بأن الخلايا المفردة المنتشرة يمكنها البقاء هاجعة إلى أن يعاد إيقاظها بسبب التفاعل مع خلية نقيلة متعاونة قادمة إلى الموقع الثانوي نفسه. إن نموذجًا كهذا لديه القدرة على إعادة النظر في مفهومنا لخصائص الخلايا البادئة للورم، بالإضافة إلى العش النقيلي، وقد تكون لها آثار على الاستراتيجيات العلاجية. فعلى سبيل المثال.. قد يؤدي فهم مسارات الإشارات التي تتوسط هذه التعاونية النسيلية إلى علاجات فعالة باستخدام عقاقير تستهدف هذه المسارات.

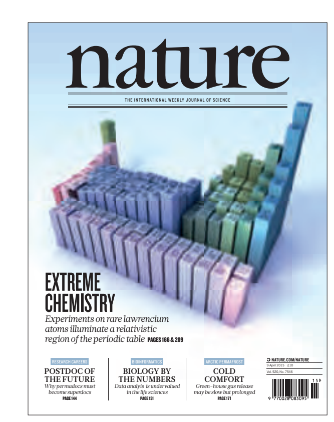
سيتطلب أي تقدم مستقبلي في فهم الأحداث المبكرة في البذر النقيلي تحليلات وظيفية لاستكشاف الآليات الجزيئية. ولكن في الوقت الحاضر، ما يزال توافر نظم نموذجية مناسبة لمثل هذه الدراسات محدودًا. قد يأتي التقدم من استخدام التتبع الخطّي لمتابعة النقائل في الفئران المهندسة وراثيًّا[12]، إلى جانب الطرق الرياضية التي تقيّم العلاقات النسيلية من البيانات الجينومية. إن تطوير هذه المناهج وسواها من المناهج التجريبية سيسرِّع بلا شك من فهمنا لتعقيد النقائل. ■

مايكل إم. شين يعمل في قسم الطب، الوراثة والتطور، طب الجهاز البولي والأنظمة البيولوجية، وفي مركز هيربرت إيرفنج الشامل للسرطان، المركز الطبي في جامعة كولومبيا، نيويورك، نيويورك 10032، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: mshen@columbia.edu

1. Fidler, I. J. *Nature Rev. Cancer* **3,** 453–458 (2003).
2. Liu, W. *et al. Nature Med.* **15,** 559–565 (2009).
3. Sethi, N. & Kang, Y. *Nature Rev. Cancer* **11,** 735–748 (2011).
4. Gundem, G. *et al. Nature* **520,** 353–357 (2015).
5. Hong, M. K. H. *et al. Nature Commun.* http://dx.doi.org/10.1038/ncomms7605 (2015).
6. Burrell, R. A., McGranahan, N., Bartek, J. & Swanton, C. *Nature* **501,** 338–345 (2013).
7. McFadden, D. G. *et al. Cell* **156,** 1298–1311 (2014).
8. Calbo, J. *et al. Cancer Cell* **19,** 244–256 (2011).
9. Cleary, A. S., Leonard, T. L., Gestl, S. A. & Gunther, E. J. *Nature* **508,** 113–117 (2014).
10. Marusyk, A. *et al. Nature* **514,** 54–58 (2014).
11. Aceto, N. *et al. Cell* **158,** 1110–1122 (2014).
12. Aytes, A. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **110,** E3506–E3515 (2013).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ملخصات الأبحاث



غلاف عدد 9 إبريل 2015
طالع نصوص الأبحاث في عدد 9 إبريل من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم البيئة

الدور المحتمَل للجليد في التغيُّر المناخي

ارتفعت درجات الحرارة أسرع من المتوسط العالمي بالقطب الشمالي والمنطقة المجاورة لها عبر الثلاثين عامًا الماضية. أذاب المناخ الدفيء الأرض الجليدية، وعجَّل من التحلل الميكروبي للكربون العضوي للتربة، المُخَزَّن بكميات كبيرة بتلك المنطقة، مما أدَّى إلى تحرير غازات الاحتباس الحراري من ثاني أكسيد كربون وميثان. يمكن لهذا التأثير الارتجاعي أن يعجِّل من التغير المناخي، لكن تظل قيمة وتوقيت انبعاثات غاز الاحتباس الحراري غير مؤكَّدة. يستخلص تيد شور وزملاؤه بهذا الاستعراض أن الدلائل الحالية تشير إلى تحرُّر تدريجي على فترات طويلة لثاني أكسيد الكربون والميثان بمناخ دفيء، كما حدد الباحثون الجوانب غير المفهومة لديناميات الكربون دائم التجمد.

Climate change and the permafrost carbon feedback
E Schuur *et al*
doi:10.1038/nature14338

علْم الأورام

العمل المضاد للورم لمثبطات EZH2

يعمل الميثيل ترانسفيريز EZH2 ـ وهو مكوَّن من مركب مجموعة بروتينات البـوليكومب Polycomb الكبتي الثاني ـ ككاتم للجينات. ويُعَدّ هدفًا واعدًا للأدوية المضادة للسرطان. وليس واضحًا أيّ الخصائص الجزيئية لورم معين هي التي تتنبأ بحساسية السرطان للأدوية المستهدفة لـEZH2. وتحدد هذه الدراسة مجموعة فرعية من خلايا سرطان الرئة، تحمل طفرات *EGFR*، أو *BRG1* التي تظهر حساسية انتقائية لمزيج من مثبطات EZH2 مع مثبط أنزيم توبوأيزوميريز الثاني، وهو الهدف من العلاج الكيميائي شائع الاستخدام إيتوبوسيد. ورغم أن هذه العوامل هي مكونات شبكة مرتبطة بشكل معقد، تبين فيها بعض العوامل أفعالًا مناهضة قوية. وتشير هذه النتائج إلى أنه في السياق الصحيح، فإن الجمع بين مثبط EZH2 / TopoII يمكن أن يقلل من نمو ورم الرئة في الفئران، ولذلك.. قد يكون مفيدًا إكلينيكيًّا.

EZH2 inhibition sensitizes *BRG1* and *EGFR* mutant lung tumours to TopoII inhibitors
C Fillmore *et al*
doi:10.1038/nature14122

كيمياء

كيمياء العنصر 103

كانت الرؤية الأكثر دراماتيكية لجدول "مندليف" الدوري للعناصر الكيميائية في عام 1944، عندما وضع جلين ت. سيبورج سلسلة جديدة من العناصر، وهي الأكتينيدات (الأعداد الذرية من 89 حتى 103)، أسفل اللانثانيدات. يبلغ يويشيرو ناجامي وزملاؤه عن القياس الأول لواحدة من الخواص الذَّرِّيَّة الأساسية للعنصر 103 (لورينسيوم)، وبالتحديد طاقة جهد التأين الأولى. يمكن الوصول إلى اللورينسيوم فقط عبر توليف ذَرَّة في المرة الواحدة بمعجِّلات الأيون الثقيل، ولذلك.. فإن الاستكشافات التجريبية لخواصه نادرة. نجح ناجامي وزملاؤه في اختزال عدد الذرات اللازمة لقياس جهد التأين من مليارات إلى آلاف. وتبيِّن تلك النتائج ـ بالاتفاق مع أحدث الحسابات النظرية ـ أن إلكترون مستوى طاقة التكافؤ باللورينسيوم هو أضعف الإلكترونات ارتباطًا بكل الأكتينيدات، وأي عنصر آخر، عدا المجموعة الأولى بالجدول الدوري. يؤكد ذلك التوقيع ـ بمنطقة من الجدول الدوري، حيث يعني الحجم الكبير للذرات أن التأثيرات النسبية تلعب دورًا حاسمًا ـ على نهاية سلسلة الأكتينيدات عند العنصر 103.

Measurement of the first ionization potential of lawrencium, element 103
T Sato *et al*
doi:10.1038/nature14342

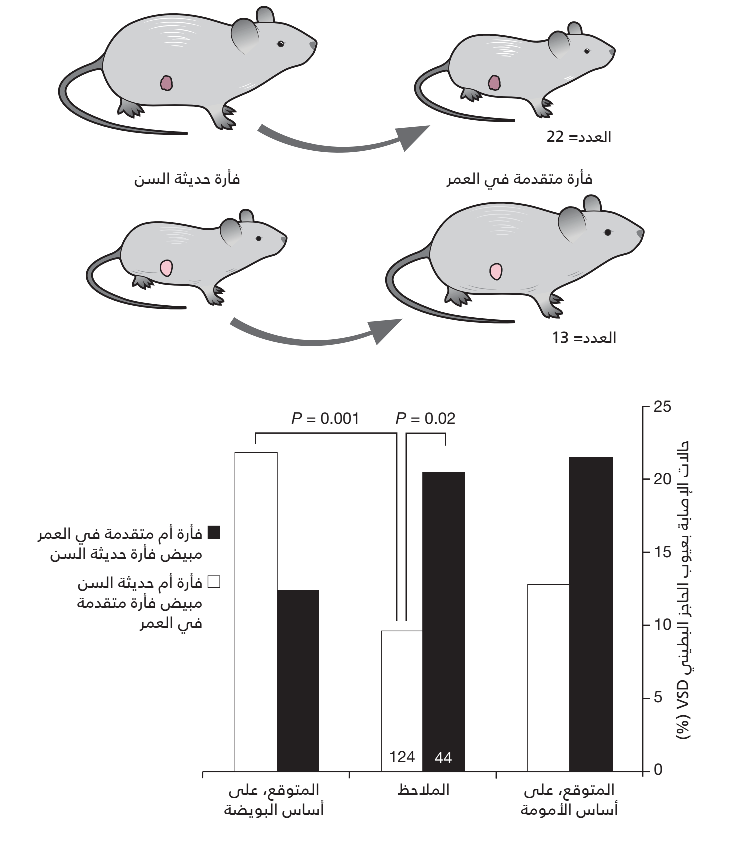
علْم الأمراض

عُمْر الأُم.. والإصابة بأمراض القلب

بَحَثَ باتريك جاي وزملاؤه في زيادة مخاطر أمراض القلب الخِلْقِيّة بازدياد عُمْر الأُمّهات. وعن طريق نقل وزرع المبايض بين صغار وكبار الفئران، أثبت الباحثون أن خطر أمراض القلب الخلقية ـ المرتبط بعمر الأمهات ـ في الجِرَاء التي تحمل طفرة لجين عامل النسخ القلبي *Nkx2-5* مستقل عن عُمْر المبايض، ويعتمد على عُمْر الأم. وأظهروا كذلك أن ممارسة الأمهات للرياضة يمكن أن تخفف من هذا الخطر المرتبط بالعمر، على الرغم من أن آليات العمل ليست معروفة بعد.

The maternal-age-associated risk of congenital heart disease is modifiable
C Schulkey *et al*
doi:10.1038/nature14361

الشكل أسفله | الزرع المبيضي المتبادل بين الأمهات الصغار والكبار يربط بين مخاطر الإصابة وعُمْر الأم. حالات الإصابة بعيوب الحاجز البطيني VSD لذرية الأمهات المتقدمات في العمر بالمبايض الشابة أكبر بكثير من الأمهات الشابات بمبايض الأمهات المتقدمات في العمر. وحالات الإصابة التي لوحظت في ذرية الأمهات المتلقيات للمبايض تتطابق مع النتائج المتوقعة التأثير الأموي، ولكن ليست على أساس تأثير التقدم في السن على البويضة. وقورنت حالات الإصابة الملحوظة والمتوقعة في اختبار مربع كاي. يظهر عدد الأمهات المتلقيات للمبايض وعدد الجراء في كل فئة عمرية.



بيولوجيا الخلية

الأحماض الدهنية كمصدر للكربون

حدَّد بيتر كارميليت وزملاؤه دورًا حاسمًا لأكسدة الأحماض الدهنية في الخلايا البِطَانية أثناء تكوين الأوعية الدموية، وأظهروا أن الأحماض الدهنية توفر الكربون للتخليق المنشئ للنيوكليوتيدات، ومن ثم فإن أكسدة الأحماض الدهنية تحفز نمو الأوعية من خلال زيادة تكاثر الخلايا البِطَانية. ويمكن أن يعكس الحصار الدوائي لأكسدة الأحماض الدهنية تكوين الأوعية الدموية المرضية في نموذج الفأر المصاب باعتلال الشبكية الخداجي.

Fatty acid carbon is essential for dNTP synthesis in endothelial cells
S Schoors *et al*
doi:10.1038/nature14362

عِلْم الجينوم

المتغايرات الجينية التي تغيِّر نمو الدماغ

تحدِّد هذه الدراسة التي أجريت على نطاق الجينوم لـ30,717 فردًا المتغيرات الجينية المشتركة التي تؤثر على بِنَى مناطق تحت قشرية مختارة من الدماغ، معروفة بأنها منخرطة في المهام المرتبطة بالحركة، والتعلم والذاكرة والتحفيز. توفر النتائج تبصُّرًا في أسباب التباين في نمو الدماغ البشري، وقد تساعد في توضيح آليات الخلل الوظيفي العصبي النفسي. وثمة أهمية خاصة لستة مواضع جينية جديدة تؤثر على حجم البَطامة (بنية تشريحية عصبية)، والنواة المُذَنَّبة، وحجم الرأس الشامل.

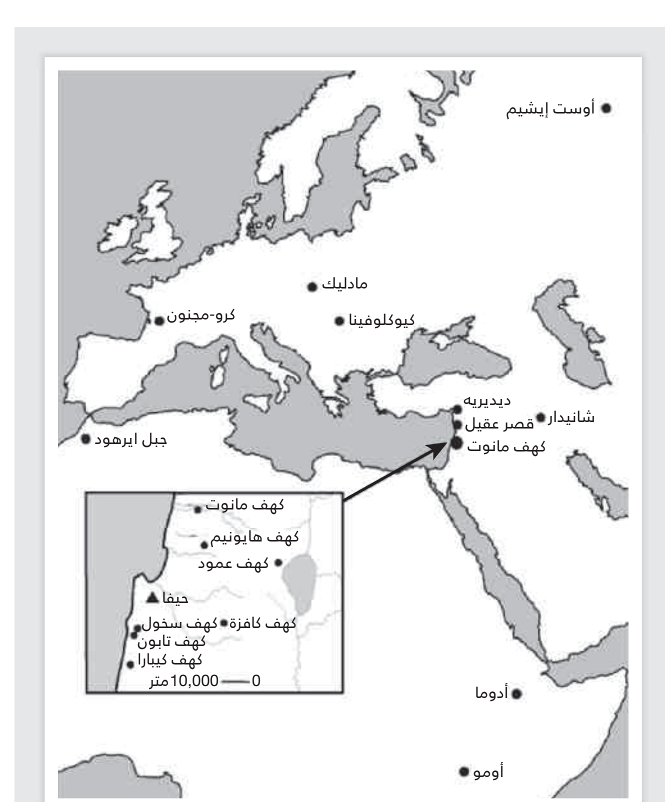
Common genetic variants influence human subcortical brain structures
D Hibar *et al*
doi:10.1038/nature14101

فَلَك

العضويات المعقَّدة بقرص كوكبي

نُوقِشَت على نطاق واسع فكرة أن المُذَنَّبات قد أمدَّت الأرض بالمياه والعضويات اللازمة لنشأة الحياة. وهذا يثير مسألة ما إذا كان تركيب المُذَنَّبات ـ مؤشر يُعتَد به بتكوين السديم الشمسي ـ متفردًا بالمنظومة الشمسية، أو يصاحب عادةً تكوُّن الكواكب. وقد أبلغت كارين أوبرج وزملاؤها عن كشف سيانيدات - CH_3CN، وH_3CN، وHCN ـ بقرص كوكبي حول النجم اليافع MWC 480، وهو مُناظِر للسديم الشمسي. ولُوحظ أن نِسَب وفرة تلك العضويات الحاملة للنيتروجين بطوره الغازي مشابهة لتلك الموجودة بالمُذَنَّبات، مما يعني أن عضويات معقدة تصاحب المتطايرات الأبسط بالأقراص الكوكبية، وأن الكيمياء قبل الإحيائية الحاضرة بالمنظومة الشمسية اليافعة ليست متفردة.

The comet-like composition of a protoplanetary disk as revealed by complex cyanides
K öberg *et al*
doi:10.1038/nature14276



عِلْم الأنثروبولوجيا

الجسر الشرقي لأوروبا

تُلْقِي جمجمة جزئية من شمال إسرائيل ـ قُدِّر عمرها بحوالي 55,000 عام ـ الضوء على فترة حاسمة من عصور ما قبل التاريخ، لا يُعرف عنها إلا القليل، وهي فترة انتشار الإنسان الحديث من أفريقيا في بقية أنحاء العالم، ليحل محل الأنواع البشرية الأخرى. تشابه الجمجمة مانوت 1 الجماجم الأفريقية والأوروبية الحديثة، لكنها تختلف عن الأنواع البشرية الحديثة تشريحيًّا في شرق البحر المتوسط. وتشير تلك الاكتشافات إلى أن مانوت 1 تمثل الكتلة البشرية التي استعمرت أوروبا، وهي تمثل أول إنسان حديث ـ من الناحية التشريحية ـ وُجِد حتى الآن بالتزامن مع إنسان النياندرتال في النطاق الجغرافي المحدود نفسه.

Levantine cranium from Manot Cave (Israel) foreshadows the first European modern humans
I Hershkovitz *et al*
doi:10.1038/nature14134

الشكل أعلاه | الموضع الجغرافي لكهف مانوت، إسرائيل. تم وَسْم مواقع العصر الحجري القديم الأوسط، والعصر الحجري القديم الحديث ذات الرفات البشرية. مانوت 1 هو كيان متزامن مع إنسان نياندرتال المجاور بكهوف عمود وكيبارا (الخريطة المرفقة) وأقدم من كل عيِّنات العصر الحجري الحديث (الخريطة الكبيرة). تقع المواقع المجاورة لكهوف سخول وكيبارا وتابون على السفح الغربي لجبل الكرمل. تم عرض مدينة حيفا الحديثة (المثلث الأسود).

أصول التشابه بين القمر والأرض

يعتقد أن القمر قد تشكَّل أساسًا من مادة ضمن متصادم عملاق ارتطم بالأرض البدائية، لذلك يبدو من الغريب أن تراكيب القمر والأرض بهذا القدر من التشابه، بالنظر إلى التركيب المختلف لأجسام المنظومة الشمسية الأخرى. تتبَّع أليساندرا ماستروبونو باتيستي وزملاؤها نطاقات التغذية الخاصة بالكواكب المتنامية بمجموعة من المحاكاة الحاسوبية للتراكم الكوكبي، واكتشفوا أن الكواكب المختلفة التي تشكلت بالمحاكاة نفسها لها تركيبات مستقلة، لكن تركيبات المتصادمات العملاقة أكثر تشابهًا بالكواكب التي تصطدم بها. وهناك جزء كبير من أزواج الكوكب المتصادم له تركيبات متطابقة تقريبًا. يستخلص الباحثون أن التشابه في التركيب بين الأرض والقمر قد يكون نتيجة طبيعية للتصادم العملاق الأخير.

A primordial origin for the compositional similarity between the Earth and the Moon
A Mastrobuono-Battisti *et al*
doi:10.1038/nature14333

إعادة النظر في فترة دوران عطارد

تتميز الطرق التقليدية لقياس فترات دوران الكواكب بأنها إمّا أن تكون غير صالحة للاستخدام، أو غير دقيقة عند تطبيقها على عطارد. استخدم رافيت هيليديت وزملاؤه نهجًا جديدًا ـ بعمل تقدير قائم على قياسات المجال التجاذبي؛ لإجراء تحسين متعلق بفترة الدوران لمختلف الخواص الفيزيائية المرصودة، ونِسَب عدم اليقين ـ لتحديد فترة دوران عطارد. وقد تحققوا من صحة الطريقة بتطبيقها على كوكب المشترى، الذي يمتلك مجالًا مغناطيسيًّا مائلًا يمكن استغلاله لقياس الدوران، واستخلصوا أن فترة دوران عطارد تبلغ 10 ساعات، و32 دقيقة، و45 ثانية، و± 46 ث.

Saturn's fast spin determined from its gravitational field and oblateness
R Helled *et al*
doi:10.1038/nature14278

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فيزياء

التهجين تحت البصري، رباعي الموجات

تحدث ظاهرة الاختلاط رباعي الموجات (FWM) عندما يتفاعل طولان موجيّان ضوئيان؛ لإنتاج طولين موجيين إضافيين بالإشارة. تم استغلال هذه الظاهرة في العديد من التقنيات البصرية، من اتصالات الألياف البصرية إلى التحليل الطيفي. وظاهرة الاختلاط رباعي الموجات محدودة حتى الآن بالأطوال الموجية البصرية. يبين فيليبو بينسيفينجا وزملاؤه كيفية تحفيز عمليات اختلاط رباعية الأمواج عند أطوال موجية تحت بصرية باستخدام ليزر "فيرمي" حر الإلكترون كمصدر لتوليد نبضات فوق بنفسجية قصوى، تقوم بإنتاج حواجز شبكية عابرة. يبشر توسيع نطاق ظاهرة الاختلاط رباعي الموجات إلى أطوال موجية أقصر ـ جنبًا إلى جنب مع تطورات جديدة بالليزر حر الإلكترون ـ بدقة فصل أعلى للعديد من التقنيات، وإمكانية سبر الاستثارات لطاقات أعلى.

Four-wave mixing experiments with extreme ultraviolet transient gratings
F Bencivenga *et al*
doi:10.1038/nature14341

الشكل أسفله | تجارب التهجين رباعي الموجات FWM مع محزوزات انتقالية فوق بنفسجية حدية EUV. أ، مخطط لتجربة تهجين رباعي الموجات قائمة على الليزر حر الإلكترون FEL: $2\theta = 6.16°$، $\theta_B = 49.9°$، $\lambda_{EUV} = 27.6$ نانومتر، $\lambda_{opt} = 392.8$ نانومتر هي زاوية العبور بين نبضتي الليزر حر الإلكترون الذي يولد الحز الديناميكي للأشعة فوق البنفسجية الحدية والزاوية بين منصفهم (الخط الأسود المتقطع) والنبضة البصرية وكذلك الطول الموجي حر الإلكترون والطول الموجي لليزر على التوالي. مستشعر من النوع CCD موضوع بالاتجاه المتوقع للتقدم لنبضة الإشارة للتهجين رباعي الموجات (k_{FWM})، الذي يتم تحديده عن طريق "المطابقة الطورية" (المبينة بـ (ب))؛ k_{EUV2} وk_{EUV1} و k_{opt} هي المتجهات الموجية للنبضة البصرية ونبضتي ليزر الإلكترون الحر على التوالي).

علم الوراثة

آلية جديدة لمثيلة الحمض النووي

تنتج الأنماط الجينومية لمثيلة الحمض النووي بواسطة ميثيل ترانسفيريز الحمض النووي DNMT3A وDNMT3B. فقد حدَّد ديرك شوبيلر وزملاؤه تموضعًا ونشاطًا لهذين الإنزيمين على نطاق الجينوم في الخلايا الجذعية الجنينية للفأر. يتموضع كلاهما في المناطق الممثلة الغنية بـCpG ، ويستبعدان من المناطق التنظيمية للجينات النشطة. يقيد DNMT3B أيضًا إلى أجسام الجينات المستنسخة بنشاط، المعتمدة على نطاق PWWP ومثيلة Lys36 من الهيستون H3. ويؤدي هذا إلى مثيلة جديدة للجينات النشطة التي تتوازن مع الترسيب النسخي المشترك لـH3K36me3.

Genomic profiling of DNA methyltransferases reveals a role for DNMT3B in genic methylation
T Baubec *et al*
doi:10.1038/nature14176

إسكات الجينات المستحّث

تشتهر جزيئات الحمض النووي الريبي الذاتية الصغيرة بأنها تعزِّز تشكيل الكروماتين الذي تم إسكاته، في تتابعات تكرارية في الخميرة والنباتات وغيرها من حقيقيات النوى الأخرى، ولكن ثبت أن إطلاق تشكيل كروماتين مغاير جديد مع جزيئات الحمض النووي الريبي الذاتية الصغيرة الاصطناعية صعب الحصول عليه. يعرض مارك بوهلر وزملاؤه أن الخميرة الانشطارية لديها آلية تمنع جزيئات الحمض النووي الريبي الذاتية الصغيرة من استحثاث كروماتين مغاير، وإسكات الجينات، وهو افتراض لحماية جينات ترميز البروتين من الإسكات غير المرغوب فيه بنسخ زائفة. تنطوي هذه الآلية الوقائية على مركب بروتين Paf1C، المعروف بتعزيز استطالة النسخ، وتجهيز الحمض النووي الريبي المرسال. ويمكن الحفاظ على إسكات الجيني بواسطة الحمض النووي الريبي، الذي أسس في طفرات Paf1C فوق جينية من خلال انقسامات متعددة للخلية.

The Paf1 complex represses small-RNA-mediated epigenetic gene silencing
K Kowalik *et al*
doi:10.1038/nature14337

إنزيم تحرير جيني صغير الحجم

يُستخدَم إنزيم النوكليز الداخلي الموجَّه بالحمض النووي الريبي كريسبر/كاس9 (CRISPR/Cas9) على نطاق واسع كأداة تحرير جينومي. ومع ذلك.. فالحجم الفعلي لصورة الإنزيم شائعة الاستخدام من بكتيريا *Streptococcus pyogenes* يطرح مشكلات للتطبيقات التي تستخدم الفيروس (AAV) كناقل. وقد مَيَّز فنج تشانج وزملاؤه ستة جزيئات أصغر متماثلة السلف لإنزيم كاس 9. وبالتركيز على إنزيم كاس 9 من بكتيريا *Streptococcus aureus*، قاموا بتعبئته مع الحمض النووي الريبي في ناقل فيروسي؛ لاستهداف الجين التنظيمي للكوليسترول *Pcsk9* في كبد الفأر. ولاحظوا تعديلًا جينيًّا أكثر من 40% في غضون أسبوع من الحقن، مصحوبًا بانخفاضات كبيرة في المصل للجين التنظيمي *Pcsk9* للكوليسترول، ومستويات الكوليسترول الكلية.

***In vivo* genome editing using *Staphylococcus aureus* Cas9**
F Ran *et al*
doi:10.1038/nature14299

علم الأعصاب

صلة النشاط العصبي باتخاذ القرارات

وَثَّقت الأبحاث السابقة التي أجريت على الرئيسيات غير البشرية وجود ارتباطات عصبية للأدلة المتراكمة لصنع القرار في مجموعة متنوعة من مناطق الدماغ في القشرة الجدارية الخلفية والأمامية من حقول العين (FEF) في قشرة الفص الجبهي بشكل أساسي. اختبر كارلوس برودي وزملاؤه هذه الملاحظات في الفئران المدرَّبة لتنفيذ مهمة القرار المبني على تراكم الأدلة السمعية، وطوَّروا طريقة لقياس العلاقة الدقيقة بين معدلات إطلاق الاستجابات العصبية، وتمثيل الأدلة. تتحدى نتائجهم الرأي السائد بأن قشرة الفص الجبهي هي جزء من الدارة العصبية لتراكم الأدلة، وتشير إلى أن الخلايا العصبية في المناطق الجدارية والفَصِّيَّة الجبهية لديها علاقات متميزة خلال عملية صنع القرار.

Distinct relationships of parietal and prefrontal cortices to evidence accumulation
T Hanks *et al*
doi:10.1038/nature14066

كيف تتعايش الذكريات القديمة والجديدة

في تجارب تهدف إلى استكشاف كيف يخزِّن الدماغ المعلومات الجديدة، دون تعطيل الذكريات القديمة، استخدم جوزيف سيشون، وون بياو جان التصوير بالكالسيوم للخلايا العصبية في القشرة المُخِّيَّة الحركية للفئران، التي تؤدى سلسلة من مهام التعلم الحركي. تُطْلِق المهام المتنوعة نبضات أيونات الكالسيوم (علامة اللدونة) في فروع تغصن غير متداخلة، مما يتسبب في تقوية طويلة الأمد للأشواك الموجودة في تلك الفروع. يُعَطِّل الاتصال المحدد بين المهمة وفرع التغصن عند تثبيط تجمعات الخلايا العصبية المتوسطة، مما يشير إلى دور للتثبيط في الحفاظ على الفصل بين الفروع عندما يتم تخزين معلومات جديدة في الخلايا العصبية الفردية.

Branch-specific dendritic $Ca2^+$ spikes cause persistent synaptic plasticity
J Cichon *et al*
doi:10.1038/nature14251

الإندوسومات.. ونمو البروز العصبي

تُجْرِي الشبكة الإندوبلازمية (ER) الاتصال مع مختلف العضيات الخلوية الأخرى، بما في ذلك الإندوسومات. ورغم أن الأهمية الوظيفية لمواقع اتصال الإندوسوم-الشبكة الإندوبلازمية

معروفة، فإن تركيب هذه المواقع غير مستكشَف بشكل كامل، وكذلك نشاطها وتنظيمها. قدَّم هارالد ستنمارك وزملاؤه لمحة عن هذه الجوانب المبهمة. وأظهروا أن بروتين الشبكة الإندوبلازمية بروترودين Protrudin يُجْرِي اتصالًا مع Rab7 ثلاثي فوسفات الجوانوزين GTPase الصغير، وفوسفتيدلينوسيتول 3-الفوسفات (PtdIns3P) على مجموعة فرعية من الإندوسومات، تُسمى الإندوسومات المتأخرة (LEs). وهذا يسمح بنقل البروتين الحركي للأنيبيب (الأُنَيْبِيْب) كينيسين-1 من بروترودين إلى محول الحركي FYCO1 على الإندوسومات المتأخرة (LEs). ومن ثم، فإن اتصالات الإندوسوم-الشبكة الإندوبلازمية المتكررة تعزِّز النقل المعتمِد على الأنيبيب من الإندوسومات المتأخرة إلى محيط الخلية والتحامها اللاحق مع غشاء البلازما؛ لاستحثاث نمو محور الخلية من النتوءات العصبية.

Repeated ER–endosome contacts promote endosome translocation and neurite outgrowth

C Raiborg *et al*

doi:10.1038/nature14359



غلاف عدد 16 إبريل 2015

طالع نصوص الأبحاث في عدد 16 إبريل من دَوْرِيَّة "*Nature*" الدولية.

معلومات حيوية

حَلّ أزمة هويّة خطوط الخلايا

خطوط الخلايا المستزرَعة، بما في ذلك العديد من خطوط الخلايا السرطانية، هي أدوات أساسية، ليس فقط في الأبحاث البيولوجية، ولكن في مجالات أخرى من العلوم. ولسوء الحظ، كان يُعتقَد لأمد طويل أن العديد من خطوط الخلايا ملوث، ومعرَّف بصورة خاطئة، أو يحمل شروحًا غير صحيحة. يقدِّم الآن ريتشارد نيف وزملاؤه تحليلًا يوفر توثيقًا واضحًا لأكثر من 3,500 خط خلوي. ويوفر هذا المورد نقطة مرجعية لأنماط كل من التكرار الترادفي القصير STRK وتعدد أشكال النوكليوتيدات المفردة SNP كطرق وراثية لتذييل الخلية، جنبًا إلى جنب مع المعايير المقترحة للتسمية باستخدام المفردات الخاضعة للرقابة.

A resource for cell line authentication, annotation and quality control

M Yu *et al*

doi:10.1038/nature14397

عِلْم البيئة

استعادة الشِّعاب المرجانية المتضررة

تتعرض شعاب مرجانية عديدة في العالم للصيد الجائر؛ مما دفع إلى نداءات واسعة النطاق لإيجاد حلول لـ"أزمة الشعاب المرجانية". تبيِّن هذه الدراسة عن الاستعادة المحتملة لأكثر من 800 من الشعاب المرجانية أن 83% من الشعاب التي يتم اصطيادها تفقد أكثر من نصف كتلتها الحيوية المتوقعة، مع عواقب وخيمة لوظائف النظام البيئي الأساسية. وقد تسمح الحماية من الصيد باستعادة كاملة خلال 35 عامًا في المتوسط، ولكن قد تصل الفترة إلى 59 عامًا للشعاب الأكثر تضررًا. وقد خلص الباحثون إلى أن وظائف النظم البيئية الحيوية بالشعاب المرجانية المتدهورة يمكن صيانتها عبر مجموعة من القيود على مصايد السَّمَك، واستراتيجيات محافظة متنوعة بالمناطق التي يكون تحويلها إلى محميّات بحرية أمرًا غير عملي.

Recovery potential of the world's coral reef fishes

M MacNeil *et al*

doi:10.1038/nature14358

جبال الألطسي الجليدية جاءت متأخرة

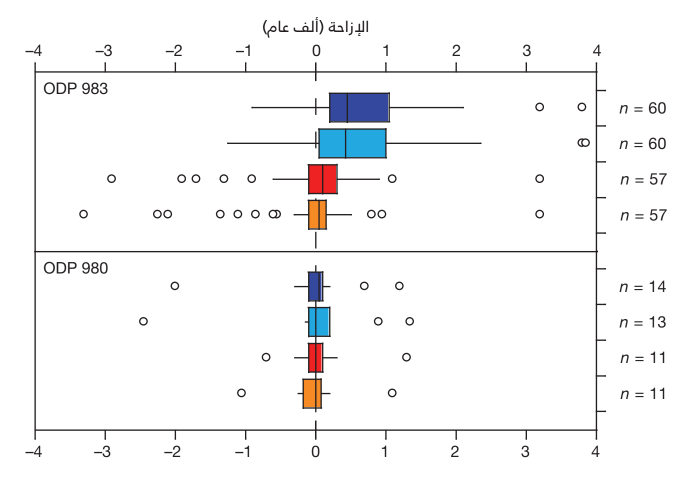
لقد أُولِيَ الكثير من الاهتمام لأسباب التغير المناخي المفاجئ، كما هو مسجَّل بواسطة أنوية جليد جرينلاند. تقتضي إحدى النظريات ضمنًا أن الاختلال الناجم عن أساطيل الجبال الجليدية الضخمة يدخل المياه العذبة إلى سطح المحيط، مما يرفع من ترددات الكثافة، ويغيِّر الدوران المحيطي؛ وبالتالي المناخ. تشير الأدلة المحدودة إلى أن الأمر قد لا يكون كذلك، فكما يبدو... فإن انبعاثات الجبل الجليدي تتبع التغيرات المناخية، ولا تسبقها. ويقدِّم ستيفن باركر وزملاؤه الآن سجلًا لحطام الجليد المضغوط، والعوالق الحساسة لدرجة الحرارة، واستخلصوا أن الجبال الجليدية ـ أثناء الـ425,000 عام الماضية على الأقل ـ تصل متأخرة للغاية؛ لحَثّ تغيُّر مناخي مفاجئ.

Icebergs not the trigger for North Atlantic cold events

S Barker *et al*

doi:10.1038/nature14330

الشكل أسفله | التوقيت النسبي لتغير درجة الحرارة مقابل تجمُّع الجليد. الإزاحات المحسوبة بين تغيُّر درجة الحرارة (التغير بالنسبة المئوية لـNPS) وحطام التجمع الجليدي IRD عند موقع برنامج تنقيب المحيط ODP رقم 983 (440 ألف عام - 0 مضت)، وموقع تنقيب المحيط 980 (360-440 ألف عام مضت)، و140 ألف – 70 ألف عام مضت). تم إجراء التحليل باستخدام نموذج العمر LR04 ومعايير حد التطابق. تمثل المربعات المجال الربعي (IQR)، المحللة بواسطة القيمة الوسطى. الشعيرات هي 1.5 X المجال الربعي IQR وتمتد إلى القيمة الأخيرة المدرجة بهذا المجال. تدل القيم الموجبة على أن تغير درجة الحرارة حدث في وقت سابق. تمثل المربعات الزرقاء التبريد مقابل وصول حطام التجمع الجليدي؛ المربعات الحمراء/البرتقالية تمثل التدفئة مقابل تناقص حطام التجمع الجليدي. تمثل مربعات الأزرق الغامق/الأحمر بداية التحول؛ تمثل المربعات الزرقاء الفاتحة/ البرتقالية نقطة المنتصف. n = عدد التحولات المزدوجة المكشوفة.



أحياء جزيئية

بِنْيَة مستقبِل $P2Y_1$ البشري

يُورِد بيلي وو وزملاؤه البِنْيَة البلورية بالأشعة السينية لمستقبِل $P2Y_1$ البشري، وهو مستقبِل بروتين-جي المقترن (GPCR). وفي تشابه مع مستقبِل $P2Y_{12}$، ينظِّم هذا البروتين الغشائي تنشيط الصفائح الدموية وتكوين الخثرة. وتُعَدّ مستقبلات بروتين-جي المقترن أهدافًا مهمة لتطوير عقاقير جديدة مضادة للتخثر. وتشير مقارنة هذه البِنَى ببِنْيَة مستقبِل $P2Y_{12}$ المنشورة سابقًا إلى أن المواقع التي ترتبط عندها مختلفة تمامًا؛ موقع تقييد مستقبِل $P2Y_1$ أكثر ضحالة من موقع تقييد مستقبِل $P2Y_{12}$. وقد حَلّ الباحثون بِنَى البروتين في وجود الناهض النوكليوتيدي MRS2500، والناهض غير النوكليوتيدي BPUT. يقيِّد الناهض النوكليوتيدي MRS2500 في موقع المقوِّم التجسيمي، بينما يقيِّد BPTU لجيب غير عادي في السطح البيني ثنائي الطبقة الشحمية/ مستقبِل بروتين-جي المقترن.

Two disparate ligand-binding sites in the human $P2Y_1$ receptor

D Zhang *et al*

doi:10.1038/nature14287

التخليق الحيوي لمركّبات بيتا لاكتام

تعتبر المضادات الحيوية بيتا (β) لاكتام أكثر مضادات الميكروبات الموصوفة طبيًّا، منذ أكثر من خمسين عامًا. وقد تم التعرف على مسارات التخليق الحيوي لثلاثة أنواع من بيتا لاكتام – البنسيلين/

السيفالوسبورينات، كلافامس والكاربابينيمات - لكن لا يُعرَف سوى القليل عن النوع الرابع الأبسط بنيويًّا، بيتا لاكتام أحادي الحلقة ممثلا في "نوكارديسين جي" nocardicin G. تُظْهِر هذه الورقة البحثية أن حلقات بيتا لاكتام لعائلة نوكارديسين من المضادات الحيوية يتم توليفها حيويًّا من خلال آلية مختلفة بشكل واضح عن المركبات ثنائية الحلقة الأخرى. ويلعب إنزيم توليف الببتيد غير الريبي دورًا رئيسًا في مسار التخليق الحيوي، يتوسط عملية التشكيل الحلقي لمركب سيرين المحتوي على ببتيد؛ من أجل الوصول إلى حلقة بيتا لاكتام الحرجة. ويفترض أن تساعد هذه النتائج على توسيع نطاق الهندسة والتوليف الحيوي لمضادات حيوية شبه صناعية جديدة.

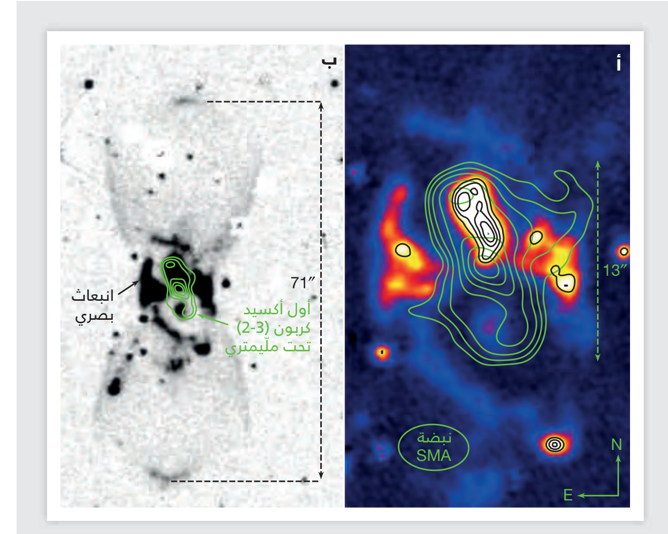
ß-Lactam formation by a non-ribosomal peptide synthetase during antibiotic biosynthesis
N Gaudelli *et al*
doi:10.1038/nature14100

كيمياء حيوية

تركيب مُستقبِل أديبونيكتين

الأديبونيكتين (adiponectin) هو جزيء مضاد لمرض السكر، تنخفض مستوياته في بلازما الدم في حالات السِّمنة والسكري من النوع الثاني، ويقلل من الحساسية المفرطة تجاه الجلوكوز والشذوذ الشحمي في الدم بنماذج الفئران. ومؤخرًا أورد شيجيبوكي يوكوياما وزملاؤه البِنْيَة البلورية لمستقبِلات الأديبونكتين البشري AdipoR1 وAdipoR2 عند استبانة 2.9 أنجستروم، و2.4 أنجستروم على التوالي. قد تساعد المعلومات البنيوية والوظيفية الناتجة في تطوير وتحسين ناهضات مستقبِل الأديبونكتين؛ لعلاج الأمراض المرتبطة بالسِّمنة.

Crystal structures of the human adiponectin receptors
H Tanabe *et al*
doi:10.1038/nature14301



فَلَك

تَصَادُم نجميّ.. وليس خاصًّا بمُسْتَعِر

لطالما اعتُبر المستعِر CK Vulpeculae (CK Vul) أول مستعِر تقليدي تم رصده بعصر التليسكوب في عام 1670. ومع ذلك.. يبين منحنى اندلاعه الضوئي تشابهًا ضئيلًا مع الأجسام البركانية المعروفة، حيث يتشابه مع أجسام "عابرة حمراء"، لها درجة سطوع أكبر من المستعرات التقليدية، ويُعتقَد أنها تنتج عن تصادمات نجمية. يوضح توماس كامينسكي وآخرون أنّ CK Vul محاط بغاز جزيئي غني كيميائيًّا بِنِسَب نظائرية غير معتادة، فضلًا عن الغبار. ولا يمكن التوفيق بين ذلك التركيب الكيميائي مع مستعر، أو أي انفجار آخر معروف، وكتلة الغاز المحيط أعلى من ذاك الخاص بالمستعِر. واستخلص الباحثون أنّ حدث عام 1670 كان لاندماج نجمين من النجوم، وأنّ CK Vul هو البقايا العابرة الحمراء الناتجة.

Nuclear ashes and outflow in the eruptive star Nova Vul 1670
T Kamiński *et al*
doi:10.1038/nature14257

الشكل أعلاه | السديم المتأين والانبعاث الجزيئي المكتشف حديثا بجسم CK Vul. أ، تبين الصورة السديم [NII] +Hα المتخلق بانفجار القرن السابع عشر. تمت إزالة النجوم الساطعة من تلك الصورة البصرية. تبين خطوط الكونتور الخضراء الانبعاث بانتقال ^{12}CO J=3-2، المرصود عند أطوال موجية تحت ملِّيمترية (عند 29%، و43%، و57%، و72%، و86% من الانبعاثات القصوى). **ب**، تم توضيح الجزء المركزي من السديم من خلال نطاق لوني، بحيث يبين الأصفر الأجزاء الأسطع، ويبين الأزرق الانبعاث الخافت. تم توضيح بنية النفثة البصرية الساطعة من خلال خطوط الكونتور السوداء. تم رسم خطي كونتور أخضرين إضافيين لانبعاث أول أكسيد الكربون، عند شدة الذروة 12%، و20%. تبين الخطوط المتقطعة النطاق.

علْم الأعصاب

الأحداث العاطفية تعزِّز الذكريات الضعيفة

كان يُعتقَد لفترة طويلة ـ من خلال الدراسات التي أجريت على النماذج الحيوانية ـ أن الذكريات الضعيفة يمكن تقويتها بعد فترة قصيرة من التنشيط. ومن الناحية النموذجيّة، تحدث إعادة التنشيط هذه من خلال الخبرة اللاحقة أو التدريب، وتعزيز قوة الأثر الأصلي. مع ذلك.. لم يُجْرَ سوى عديد قليل من الأبحاث لاستكشاف ما إذا كانت تُوجَد آلية مماثلة في البشر، أم لا. اكتشفت إليزابيث فيلبس وزملاؤها أن الذكريات العرضية الضعيفة في البشر يمكن أن تعزز وتُدمَج بشكل انتقائي، بعد التعلم العاطفي في وقت لاحق، المنخرط في المعلومات ذات الصلة بالمفاهيم. يقترح هذا التحسين تعزيز الذاكرة بأثر رجعي لآلية يمكننا من خلالها أن نتذكر معلومات غير منطقية بشكل مبدئي، بعد خبرة لاحقة ذات صلة.

Emotional learning selectively and retroactively strengthens memories for related events
J Dunsmoor *et al*
doi:10.1038/nature14106

دوائر عصبية متحكِّمة في العطش

على الرغم من أن هناك العديد من الأبحاث التي تصف الدوائر العصبية الكامنة خلف التحكم في سلوك التغذية، ما زالت الدوائر المسيطرة على الشعور بالعطش مجهولة. يصف تشارلز زوكر وزملاؤه تَجَمُّعين متميزين وراثيًّا من الخلايا العصبية في الفئران، أحدهما يستحث الشعور بالعطش وسلوك البحث عن الماء، والآخر يقمعه، أيًّا كانت حالة التميُّؤ للحيوان. ويستثير تنشيط مجموعة فرعية من الخلايا العصبية، الذي يتميز بالتعبير عن عامل النسخ ETV-1، تناول المياه المكثف، حتى في الحيوانات المتخمة بالمياه بشكل كامل. كما يقمع تنشيط تجمُّع ثان من الخلايا العصبية، يعِّبر عن ناقل حمض الجاما أمينوبوتيريك GABA الحويصلي (VGAT)، يقمع بشكل حاد تناول المياه، حتى في الحيوانات العطشى.

Thirst driving and suppressing signals encoded by distinct neural populations in the brain
Y Oka *et al*
doi:10.1038/nature14108

علْم الأورام

التعقيد في نقائل الورم المدمجة

رَسَمَ جونيس جونديم وزملاؤه خريطة تكوين أورام البروستاتا البشرية دون النسيليّة ونقائلها؛ لتتبُّع التاريخ التطوري لانتشار هذه السرطانات. والأهم من ذلك.. وجد الباحثون أن النقائل يمكن أن يُعاد استزراعها عدة مرات، كما لوحظ انتشارها من موقع إلى آخر في كثير من الأحيان. يسلِّط هذا العمل الضوءَ من جديد على أصل التنوع الهائل للتغيرات الجينية وفوق الجينية، التي يمكن مشاهدتها داخل الأورام، وبين الأورام الأولية والنقائل، كما يوضح التحدي الإكلينيكي لعلاج السرطان بأدوية مستهدفة.

The evolutionary history of lethal metastatic prostate cancer
G Gundem *et al*
doi:10.1038/nature14347

كيمياء

نمو الكيماويات الدقيقة مع التيار

لا تُستخدَم عادةً نظم التصنيع بالتدفق المستمر ـ التي تمثل العرف السائد في إنتاج المواد الكيميائية الثقيلة ـ في إنتاج الكيماويات والمستحضرات الصيدلانية الأكثر دقة وتعقيدًا، حيث لا تزال العمليات "الدفعيّة" هي الطريقة المفضلة. تقترح هذه الورقة البحثية بروتوكولًا قد يرفع الكفاءة والسلامة وغيرها من فوائد التدفق المستمر إلى تخليق جزيئات شبيهة بالأدوية. فباستخدام أعمدة معبأة بالمحفزات غير المتجانسة فقط، مرَّر الباحثون المواد الأولية المتاحة تجاريًّا تباعًا من خلال أربعة أعمدة تحتوي على محفزات غير متجانسة، متناظرة وغير متناظرة (مرآتيًّا)؛ لتوليد العقاقير المضادة للالتهابات، المتعلقة بحمض الجابا أمينوبوتيريك: آر- روليبرام، وإس ـ روليبرام، وآرـ فينيبوت. يجري التدفق المستمر متعدد الخطوات الحالي في نطاق المختبر، منتجًا لأدوية على نطاق الجرام؛ والعمل جار لتوسيع نطاق تخليق أدوية بالكيلوجرامات.

Multistep continuous-flow synthesis of (*R*)- and (*S*)-rolipram using heterogeneous catalysts

T Tsubogo *et al*

doi:10.1038/nature14343

علم الأورام

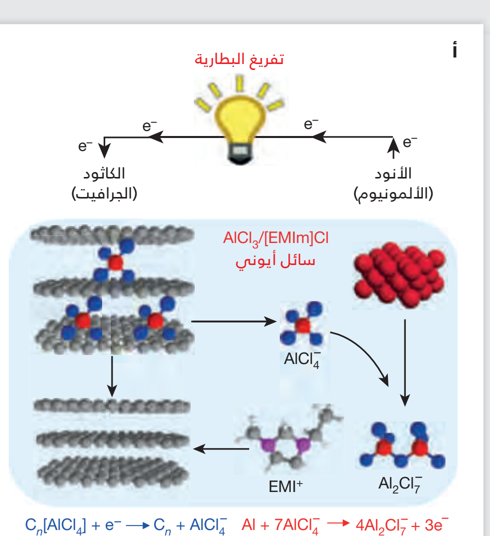
محاكاة الأوعية الدموية

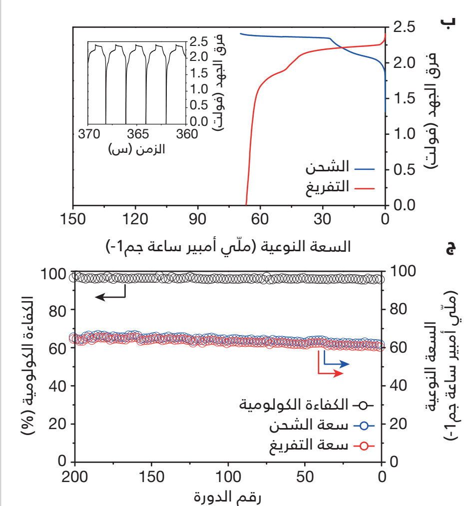
أثبت ايلفين واجينبلاست وزملاؤه أن مستنسخات مختلفة من خطوط خلايا الأورام الدينية تمتلك قدرات مختلفة للإسهام في تشكيل النقائل، من خلال استخدام نموذج الفأر، لعدم تجانس الورم، الذي يمكن أن يتم تشويشه وراثيًّا؛ للتحقق من صحة دوافع سلوكيات نسيليّة محددة. يرتبط تعبير بروتينات Serpine2 وSlpi بالنقيلة الرئوية، وقد لُوحظت ارتباطات مماثلة في مجموعات البيانات البشرية. تعمل بروتينات Serpine2 وSlpi بالنقيلة الرئوية بمثابة مضادات تخثُّر، كما تسمح لخلايا الورم بتقليد الأوعية الدموية، حيث تشكل جزءًا منها، وتسهم في بناء المزيد من الأوعية الدموية الراشِحة.

A model of breast cancer heterogeneity reveals vascular mimicry as a driver of metastasis

E Wagenblast *et al*

doi:10.1038/nature14403





كيمياء

بطارية أيون الألمونيوم

تشير التكلفة المنخفضة والخواص الكهربائية المفيدة للألمونيوم إلى أن بطاريات أيون الألمونيوم القابلة لإعادة الشحن قد تُوَفِّر تقنية بطارية مجدية وآمنة، ولكن تستمر مشكلات مواد الكاثود، وكفاءة التدوير الفقيرة، وتعقيدات أخرى. يصف هونجي داي وزملاؤه بطارية أيون ألمونيوم بأنها يمكن أن تُشحَن خلال دقيقة واحدة، وتوفِّر تحسنًا كبيرًا في دورة الحياة مع تحلل ضئيل بالسعة، مقارنةً بالأجهزة السابقة المعلَن عنها بالمجال. تعمل البطارية عبر ترسب/انحلال إلكتروكيميائي للألمونيوم، وإقحام/ إزالة الإقحام لأنيونات الكلوروألومينات إلى رغوة كاثود جرافيتي جديد ثلاثي الأبعاد، باستخدام محلول كهربي سائل أيوني غير قابل للاشتعال.

An ultrafast rechargeable aluminium-ion battery

M Lin *et al*

doi:10.1038/nature14340

الشكل أعلاه | خلية الألمونيوم/جرافيت القابلة لإعادة الشحن. **أ**، رسم تخطيطي لخلية الألمونيوم/جرافيت أثناء التفريغ، باستخدام التركيب الأمثل للإلكتروليت السائل الأيوني لـ $AlCl_3$/ [EMIm]Cl. على جانب الأنود، يتحول الـAl إلى $AlCl_4^-$ والـ$Al_2Cl_7^-$ أثناء التفريغ، ويأخذ التفاعل العكسي مكانه أثناء الشحن. على جانب الكاثود، في الأغلب يقحم الـ$AlCl_4^-$، وينزع بين طبقات الجرافيت أثناء تفاعلات الشحن والتفريغ على التوالي. **ب**، منحنيات الشحن والتفريغ الجلفانية الساكنة لخلية سواجيلوك Swagelok المكونة من الألمونيوم/ الجرافيت المتحلل حراريًّا (PG) عند كثافة تيار 66 ملِّي أمبير جم-1. الصورة المرفقة، دورات الشحن والتفريغ. **ج**، اختبار الاستقرار طويل الأمد لخلية الـAl/PG عند 66 ملِّي أمبير جم-1.

جيولوجيا

أَضِفْ لمسةً من الزئبق، لا أكثر

استخدَم آنكي فولرز، وبيرنارد وود تجارب الضغط المرتفع، ليُبيِّنا أنه قد تكون إضافة جسم مختزل شبيه بالزئبق وغني بالكبريت للأرض المبكرة هي التي أسفرت عن تولُّد شذوذ بالنسبة الكوندرية الفائقة Sm/Nd والـ$^{142}Nd/^{144}Nd$ النظائرية المرصودة بالوشاح الصخري الأرضي. قد يعني هذا أنه لا حاجة إلى خزان سيليكات "خفية" بالوشاح الصخري العميق للأرض، أو فَقْد لقشرة أرضية متكونة مبكرًا بتأثير الاحتثاث، كما اقتُرح في السابق. إضافة إلى ذلك.. فإن اللب الغني بالكبريت قد يحتوي على عناصر يورانيوم وثوريوم أكثر، مما يجعل من المحتمل أن يوفر جزءًا كبيرًا من مصدر الحرارة؛ لتشغيل الدينامو الأرضي.

A Mercury-like component of early Earth yields uranium in the core and high mantle ^{142}Nd

A Wohlers *et al*

doi:10.1038/nature14350

علم الطفيليّات

العلاقة بين الحُمَّى الصفراء، والسرطان

تُعتبر الطفيليات من جنس *Theileria* عوامل مُمْرِضة للماشية، وتتميز عن باقي أنواع الطفيليات بقدرتها على تحويل كريات الدم البيضاء في المضيف إلى إنتاج أنماط ظاهرية تكاثرية وغازية مرتبطة بمسارات تأشير JNK، و AP-1. ويمكن التغلب على هذا التأثير بواسطة الدواء المضاد لهذه الطفيليات "بوبارفاكون" buparvaquone. وقد حدَّد جوستين مارسولير وزملاؤه مماثلًا لإنزيم برولِيل ببتيديل إيزوميريز PIN1 في جنس الطفيل الحلقي *Theileria annulata* (TaPIN1)، وتبينوا أنه يفرز في الخلية المضيفة، حيث يتفاعل مع إنزيم ليجيز اليوبكويتين المضيف FBW7، مما يسفر عن تحقيق استقرار c-Jun؛ يعزز عملية التحول. وأظهر الباحثون أيضًا أن إنزيم برولِيل ببتيديل إيزوميريز يثبط مباشرةً بواسطة دواء "بوبارفاكون"، وذلك باستخدام تجارب الطُّعم الأجنبي في سمكة الزرد في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الجسم الحي، وفي المختبر، وأثبتوا وقوع طفرة بإنزيم TaPIN1 في السلالة المقاوِمة للعقاقير. يسلِّط هذا العملُ الضوءَ على ارتباط مصير للدهشة بين الطفيليات والمسارات المسرطنة للمضيف.

***Theileria* parasites secrete a prolyl isomerase to maintain host leukocyte transformation**

J Marsolier *et al*

doi:10.1038/nature14044

عِلْم الأورام

الأكسجين المنخفض، والخلايا السرطانية

تزدهر خلايا الأورام في البيئات منخفضة الأكسجين. وفي هذه الدراسة يستعرض ديفيد ساباتيني وزملاؤه الآليّة التي تعمل في المنطقة الإسكيمية لخلايا ورم الأرومة الدبقية، التي تعطي الخلايا السرطانية ميزة البقاء على قيد الحياة. ويتضح أن خلايا ورم الأرومة الدبقية تعبِّر بإفراط عن الإنزيم الناقل للهيدروكسي ميثيل سيرين (SHMT2) وإنزيم نازع كربوكسيل الجلايسين (GLDC). يفضِّل الإنزيم الناقل للهيدروكسي ميثيل سيرين (SHMT2) خلايا الأورام التي تفتقر إلى وجود أوعية دموية، عن طريق الحدّ من استهلاك الأكسجين، ولكن في الوقت نفسه.. فإنه يكشف عن نقطة ضعف انتقائية. يُعَدّ الجليسين ـ وهو الناتج عن نشاط إنزيم (SHMT2) ـ سامًّا، إذا ما سُمِحَ بتراكمه داخل الخلية، ومن ثم قد يصبح استهداف خلايا ورم الأرومة الدبقية المكونة للأورام ممكنًا عن طريق تثبيط إنزيم نازع كربوكسيل الجليسين (GLDC).

SHMT2 drives glioma cell survival in ischaemia but imposes a dependence on glycine clearance

D Kim *et al*

doi:10.1038/nature14363

العلاجات المستهدَفة، ونمو الأورام

أثبتت مثبطات إنزيم الكينيز المستهدَفة فعاليتها إكلينيكيًّا في علاج أورام الميلانوما، التي تحمل طفرات جين *BRAF*، وفي حالة السرطان الغدي الرئوي.. التي تحمل طفرات جين *EGFR*، أو طفرات *ALK* المتنقلة، لكن في النهاية تكوِّن الأورام مقاوَمة ضد العقاقير. وتبين هذه الدراسة التي قام بها جوان ماساجوي وزملاؤه أن خلايا الورم التي تستجيب لمثبطات الكينيز، تستحث شبكة معقدة من الإشارات التي تعزز نمو الورم، ونشْر وانبثاث نسائل الخلايا السرطانية المقاومة للأدوية، وزيادة بقاء الخلايا السرطانية الحساسة للأدوية على قيد الحياة، ويُحتمَل أن تسهم في التقهقر غير المكتمل للورم.

Therapy-induced tumour secretomes promote resistance and tumour progression

A Obenauf *et al*

doi:10.1038/nature14336

علاج ثلاثي للميلانوما

توضح هذه الدراسة، التي أجريت على مرضى الميلانوما ـ أحد أنواع سرطان الجلد ـ ونموذج الفأر، أن الاستجابة المثلى المضادة للورم تنطوي على مزيج من ثلاث طرق علاج مجرَّبة: جرعة عالية من الإشعاع، جنبًا إلى جنب مع نوعين مختلفين من مثبطات نقطة التفتيش المناعية (مضاد CTLA4، ومضاد PD-L1)، حيث يهاجم كل منهما الورم من زاوية مختلفة.

Radiation and dual checkpoint blockade activate non-redundant immune mechanisms in cancer

C Victor *et al*

doi:10.1038/nature14292



غلاف عدد 23 إبريل 2015

طالع نصوص الأبحاث فى عدد 23 إبريل من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

جيولوجيا

تطوُّر مظهر سطح الأرض

الانحناء الأول في مسيرة نهر يانجستي بمقاطعة يونان في الصين. يُعتقد أن الارتفاعات الشاهقة، والأسطح منخفضة البروز، أو "المسطحات العتيقة"، كلها تعمل كروافع تحفظ الظروف التكتونية والبيئية الغابرة. فقد اختبر شون ويلت وزملاؤه النماذج الحالية لتطوُّر المسطحات باستخدام التحليل الطوبوغرافي الرقمي لما يُدعى "المسطحات العتيقة" بجنوب شرق التبت، وهو مشهد درامي يضم 3 كم من المنخفضات، تشمل وديان نهر اليانجستي، والسالوين، ووادي (شانجري-لا) شبه الأسطوري. وقد اكتشفوا أن المنطقة قد لا توفِّر سجلًّا غير متحور للظروف الأرضية الغابرة. وعوضًا عن ذلك، تتشكل تلك المسطحات في موضعها، نتيجة لإعادة تنظيم نهر الصرف، وهو ما يجعل الأنهار غير قادرة على موازنة الرفع التكتوني.

***In situ* low-relief landscape formation as a result of river network disruption**

R Yang *et al*

doi:10.1038/nature14354

التراكم المتأخر للأرض والقمر

تم مؤخرًا نشر ورقتين بحثيتين بدورية *Nature* تقدِّمان قياسات دقيقة لتركيب نظير التنجستين بالصخور الرقمية، التي يمكن تقديم أفضل تفسير لها بأن الأرض والقمر كان لهما تركيب متشابه مباشرة بعد تكوُّن القمر، ومن ثم تباعَدا، كنتيجة للتراكم المتأخر غير المتناسب للمواد لكلا الجسمين. اكتشف ماثيو توبول وآخرون زيادة طفيفة من ^{182}W تبلغ حوالي 21 جزءًا في المليون بالنسبة إلى الوشاح الصخري الأرضي الحالي بالمعادن المستخلصة من اثنين من صخور أبولو 16 KREEP-rich المنصهرة من جراء الاصطدام، بينما قام توماس كروجر وآخرون بقياس نظائر التنجستين بسبع من العينات الصخرية KREEP-rich التي تمسح نطاقًا واسعًا من أعمار التعرض للأشعة الكونية، واكتشفوا ارتفاعًا في ^{182}W يبلغ حوالي 27 جزءًا في المليون عن الوشاح الصخري الأرضي الحالي.

Tungsten isotopic evidence for disproportional late accretion to the Earth and Moon

M Touboul *et al*

doi:10.1038/nature14355

Lunar tungsten isotopic evidence for the late veneer

T Kruijer *et al*

doi:10.1038/nature14360

فَلَك

رصْد تكوُّن نجم عملاق

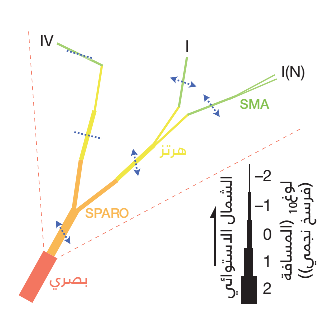
على النقيض من المناطق الأكثر شهرة لتكوين النجوم الضخمة، فإن "سديم مخلب القط" NGC 6334 قريب نسبيًّا، بمسافة 1.7 كيلو فرسخ نجمي فقط من الأرض. من الممكن عند تلك المسافة استخدام استقطاب الضوء النجمي؛ للتحقق من اصطفاف المجال المغناطيسي بالسحب الفتيليّة المكوِّنة للنجوم. يبلِّغ هوا-باي لي وآخرون عن خرائط مجال من النوع (ب)، تم الاستدلال عليها من ترصُّد استقطابي لـNGC 6334 على مقياس يقع في النطاق من 100 إلى 0.01 فرسخ نجمي. وقد استخلصوا أن المجالات المغناطيسية تسير وفق قاعدة حاسمة بتفتت NGC6334، لتلقي بضوء جديد على تساؤل قديم حول كيفية تطور طوبولوجية المجال المغناطيسي، كلما تكونت السحب الجزيئية من الوسط بين النجمي، وكلما تقلصت الأنوية لتشكِّل النجوم.

Self-similar fragmentation regulated by magnetic fields in a region forming massive stars

H Li *et al*

doi:10.1038/nature14291

الشكل أسفله | تفتت متشابه ذاتيًّا والتراكيب المجالية عند 100 – 0.01 فرسخ نجمي. يبين كل خط مصمت الاتجاه المتوسط للمجال داخل خريطة، تم توضيح مقياسه عن طريق عرض الخط (المفتاح أسفل اليمين). يبين الخط الأزرق المتقطع اتجاهات المحور الطويل للسحابة. عند نهايات خط متقطع، تمت إضافة رؤوس أسهم إذا كانت الكثافة تبلغ القمة عند نهايات السحب، حيث تم توضيح اتجاهات المجال من خلال خطوط متفرعة. تنحرف الخطوط الحمراء المتقطعة من المجال (البصري) المتوسط للوسط السحابي بمقدار 30°. تتباين اتجاهات المجال-ب بنطاق المدى المعرف بواسطة الخطوط الحمراء المتقطعة عدا للب IV.



طب حيوي

التأثيرات الأُمومِيّة للأوكسيتوسين

إن دور الأوكسيتوسين في تعديل التفاعلات الاجتماعية والسلوك الأمومي موثَّق توثيقًا جيدًا، لكن الكيفية التي يؤثر بها هذا الهرمون على الدوائر العصبية للدفع بالتغييرات السلوكية لم تكن معروفة بشكل جيد. درّس روبرت فرومكي وزملاؤه سلوك استرجاع الجراء في الفئران، ووجدوا أن الأوكسيتوسين يعدِّل الاستجابات القشرية لنداءات الجراء تحديدًا في القشرة السمعية اليسرى. وقد تم تعزيز الاستجابات المستثارة بالنداء في الإناث العذارى، وبالتالي زيادة أهميتها، بإقران تسليم الأوكسيتوسين في اللحاء السمعي الأيسر بالنداءات. وجاء هذا التعزيز من خلال موازنة محددة لحَجْم وتوقيت التثبيط مع الإثارة.

Oxytocin enables maternal behaviour by balancing cortical inhibition

B Marlin *et al*

doi:10.1038/nature14402

كيمياء

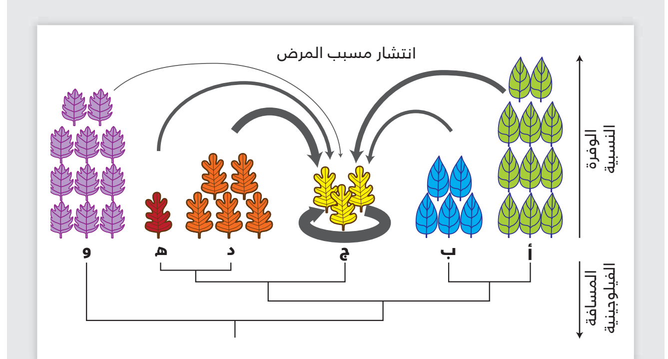
رصْد ذرات الهيدروجين في إنزيم الهيدروجينيز

تَستخدِم إنزيمات الهيدروجينيز [NiFe] النيكل والحديد؛ لتحفيز الأكسدة العكسية للهيدروجين الجزيئي. وتُعتبر تلك الإنزيمات محور تركيز الكثير من البحوث في جميع أنحاء العالم، بسبب إمكاناتها في مجال التكنولوجيا الحيوية، التي تخدم كنماذج طبيعية لمحفزات المحاكاة البيولوجية في قطاع الطاقة؛ لإنتاج الهيدروجين، وتحويله. ويُعتبر الكشف عن الهيدروجين في دراسات علم البلوريات بالأشعة السينية أمرًا بالغ الصعوبة، ومشكلة كبيرة، خاصةً في إنزيمات الهيدروجينيز، حيث تشارك الهيدروجينات مباشرةً في التفاعل. وقد نجح هايدياكي أوجاتا وزملاؤه في الحصول على بِنْيَة بلورية بالأشعة السينية لإنزيم الهيدروجينيز [NiFe] عند استبانة ما دون الأنجسترومِ؛ مما أدَّى إلى الكشف عن معظم الهيدروجينات، حتى تلك القريبة من الأيونات المعدنية. وعن طريق استخدام تقنيّتهم تمَكَّن الباحثون من الكشف على المنتجات الناجمة عن انقسام (الانحلال الغيري لمنزوع الهيدروجين)، وهو الهايدرايد الذي يربط بين أيونات النيكل والحديد، والبروتون الذي يتعلق على كبريت ليجند السيستين.

Hydrogens detected by subatomic resolution protein crystallography in a [NiFe] hydrogenase

H Ogata *et al*

doi:10.1038/nature14110



علم النبات

مخاطر إصابة الأنواع النادرة

مِن مزايا الأنواع النادرة في مجتمع ما أنها قد تعاني من المرض بشكل أقل. ويزيد ضغط العامل المُمْرِض كلما أصبح النوع المضيف أكثر وفرة. ففي دراسة لموطن المراعي بكاليفورنيا، أثبتت إنجريد باركر وزملاؤها أن بِنْيَة المجتمع ككل تؤثر أيضًا على التعرض للمرض. وأظهروا أن النباتات تعاني أكثر من المرض عندما تكون لديها أنواع وثيقة تطوريًّا من حولها، مما يعكس حقيقة أن مسبِّبات كثيرة للأمراض يمكن أن تهاجم عديدًا من الأنواع. وأثناء تحرُّكها من مضيف إلى مضيف، فإنها تميل إلى تفضيل الأنواع التي ترتبط ارتباطًا وثيقًا. وقد طوَّر المؤلفون نموذجًا للتنبؤ بحدوث المرض في أنواع مختلفة من النباتات في المجتمعات الطبيعية، وتنبّأوا بنجاح بدرجة ضغط المرض على الأنواع النباتية التي أُدخلت حديثاً. وأظهروا أيضًا أن ميزة هذه الأنواع البعيدة ـ من حيث تطوُّر السلالات ـ قد تسهم في غزو الأنواع المدخَلة حديثًا.

Phylogenetic structure and host abundance drive disease pressure in communities

I Parker *et al*

doi:10.1038/nature14372

الشكل أعلاه | يعتمد انتشار مسببات الأمراض على الوفرة والقرابة. رسم تخطيطي للتأثير المشترك للمسافة الفيلوجينية (المرتبطة بالنشوء والتطور)، والوفرة النسبية لأعضاء المجتمع على انتشار مسببات أمراض الأنواع المركزية. النوع المركزي C هو الأكثر عرضة لمشاركة مسببات الأمراض مع الأقارب D و E أكثر من الأنواع البعيدة فيلوجينيا (FgA، B)، والأنواع المضيفة ذات الوفرة الأكبر (المشار إليها بعدد الأوراق) من المحتمل أن تنتج المزيد من مادة تلقيح مسبب المرض أكثر من الأنواع النادرة محليًّا. يعكس سُمْك السهم التأثيرات المجتمعة للمسافة الفيلوجينية، والوفرة النسبية على الانتشار من كل مضيف بديل في المجتمع.

فيزياء كَمِّيّة

عَدّ فونونات مفردة

توفِّر الرنانات الميكانيكية نانوية المقياس دقة مرتفعة في تطبيقات استشعار وكشْف متعددة. وحتى وقتنا هذا، لم يكن من الممكن اعتماد فونونات مفردة ـ وحدات الحركة الميكانيكية الكمية ـ بمثل تلك الأنظمة، وهو تقدُّم يمكن أن يوفر تطبيقات جديدة بمخططات المعلومات الكمية. يدرِس كونتر بينتر وزملاؤه نبضة السيليكون النانوية المنمطة، بحيث يقترن الرنين الميكانيكي والبصري. وعند ضخ الجهاز بصريًّا، يتم الكشف عن الفوتونات المنبعثة المقابلة بطريقة مباشرة لعدد الفونونات، وذلك باستخدام تقنية قياسية. يكشف القياس عن انتقال بعد عتبة طاقة الضخ لانبعاث فونوني شبه ليزري، وهو بمثابة تذبذبات قائمة بذاتها لرنان ميكانيكي نانوي. تم إجراء تلك التجربة عند درجة حرارة الغرفة، ولكنها ممتدة إلى درجة حرارة منخفضة، كما يمكن اختبار السلوك الكمي للأنظمة الميكانيكية بالتفصيل.

Phonon counting and intensity interferometry of a nanomechanical resonator

J Cohen *et al*

doi:10.1038/nature14349

وراثة جزيئية

"كريسبر" يتعرف على الـ(DNA) الغريب

يعتمد جهاز المناعة البكتيري "كريسبر" CRISPR على الاستحواذ بتتابعات قصيرة من جينومات الفيروسات البكتيرية أو البلازميدات؛ وتسمى هذه الأحماض النووية بالفواصل. تتجنب عملية الاستحواذ على الفاصل إدماج الأحماض النووية للمضيف، لكن لم يكن واضحًا كيف يتم تمييز الأحماض النووية للمضيف من الأحماض النووية للفيروسات البكتيرية. وقد وجد روتم سوريك وزملاؤه أن تشكيل الأحماض النووية للفواصل يتطلب فواصل مزدوجة الجديلة للحمض النووي المعتمِد على التضاعف. يحتوي الحمض النووي للمضيف على وجود أكثر فعالية بكثير من تتابعات كاي الأوكتامرية، التي تضعف من نشاط نوكليز RecBCD، وبالتالي يؤدي إلى عدد أقل من الشظايا. إضافة إلى ذلك.. فإن جينومات الفيروسات البكتيرية لديها مستوى أكبر من شوك التضاعف، ويمكن أن تؤدي إلى حدوث فواصل.

CRISPR adaptation biases explain preference for acquisition of foreign DNA

A Levy *et al*

doi:10.1038/nature14302

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فسيولوجيا

بِنْيَة مستقبِل TRPV1 متعدد الوظائف

يتم التعبير عن قنوات TRP (جهد مستقبل عابر) من قِبَل جميع الكائنات الحية حقيقية النواة، وتعمل كأجهزة استشعار لمجموعة واسعة من المحفزات الكيميائية والفيزيائية. أوردت هذه الورقة البحثية بِنْيَة قنوات TRPA1 البشرية كاملة الطول، بمجهر إلكترون تبريد العينة، وهو مستقبِل حسي للمواد الكيميائية الضارة، مثل (الوسابي). تختلف البنية العامة لهذا البروتين الغشائي بشكل ملحوظ عن بنية قنوات TRPV1 التي نشرت سابقًا، مثل TRPA1 التي لديها العديد من النطاقات المكررة لأنكيرين ankyrin ، وهو ملف رباعي القسيمات في وسط القناة، ويظهر ليكون بمثابة موقع تقييد لسداسي فوسفات الإينوسيتول ثنائي الهيدروجين، ومجال ثغرة خارجي مع اثنين من لوالب المسام. ترتبط TRPA1 بالألم التنفسي المستمر، ومتلازمات الحكة المزمنة، حتى إن ناهضات TRPV1 ذات أهمية كمسكنات محتمَلة.

Structure of the TRPA1 ion channel suggests regulatory mechanisms
C Paulsen *et al*
doi:10.1038/nature14367

علْم الأمراض

الميتوكوندريا تثير نشاط المناعة الفطرية

تشير الأدلة التراكمية إلى أن الميتوكوندريا ـ وهي العضيّات المسؤولة أساسًا عن التنفس الخلوي وإنتاج الطاقة ـ هي أيضا من المراكز المهمة للاستجابات المناعية الفطرية للبكتيريا، والمضادة للفيروسات. وتصف هذه الدراسة وجود ارتباط بين إجهاد الميتوكوندريا، والمناعة الفطرية المضادة للفيروسات. وعلى وجه التحديد، يتضح أن إجهاد الحمض النووي في الفئران المصابة بفيروس الهربس يرفع مستوى التعبير الجيني المحفز بالإنترفيرون وتحفيز استجابات النوع الأول من الإنترفيرون، ويمنح مقاومة فيروسية واسعة، من خلال تنشيط مستشعِر الحمض النوويcGAS ، ومسار الإجهاد STING-IRF3.

Mitochondrial DNA stress primes the antiviral innate immune response
A West *et al*
doi:10.1038/nature14156

علْم الوراثة

هندسة وراثية تهدف إلى تحمُّل الجفاف

في استجابة لنقص المياه، تنتج النباتات مستويات مرتفعة من الهرمون النباتي حمض الأبسيسيك (ABA)، مما يحسِّن من استهلاك المياه وتحمُّل الإجهاد. يصف شون كاتلر وزملاؤه استراتيجية للتحكم في استخدام المياه في النباتات، من خلال دمج مستقبِلات حمض الأبسيسيك المهندَسة وراثيًّا، بواسطة الطفرات المستهدَفة، ليتم تنشيطها بواسطة مادة كيميائية زراعية حالية، هي المبيد الفطرى "مانديبروباميد" mandipropamid. وبعد ذلك استخدموا هذه المادة الكيميائية؛ للسيطرة على استجابات حمض الأبسيسيك، وتحمُّل الجفاف في نبات *Arabidopsis* المعدَّل وراثيًّا، ونَبْتات الطماطم الصغيرة، وتحصَّلوا على تبصُّر آلي لأساس نشاطها. يمكن أن تنطبق هذه الاستراتيجية على المستقبِلات النباتية الأخرى، وتفتح آفاقًا جديدة لتحسين المحاصيل.

Agrochemical control of plant water use using engineered abscisic acid receptors
S Park *et al*
doi:10.1038/nature14123

خلايا جذعية

تَلَف الحمض النووي المرتبط بالإجهاد

يُعتقَد أن تراكم تَلَف الحمض النووي كلما زاد تقدُّم عُمْر الخلايا الجذعية المنتجة للدم (HSCs) يسهم في الانحلال المرتبط بالعمر، وهي الفكرة التي تدعمها حقيقة أن متلازمة تسارُع الشيخوخة الناجمة عن عيوب في إصلاح الحمض النووي ـ مثل متلازمة "فانكوني" لفقر الدم ـ ترتبط بفشل نخاع العظم. يُبيِّن مايكل ميلسوم وزملاؤه أن تلف الحمض النووي هو نتيجة مباشِرة لإجبار الخلايا الجذعية المنتجة للدم على الخروج من حالة السكون في الاستجابة لمجموعة واسعة من المحفِّزات التي تحاكي ظروف الإجهاد. يؤدي هذا إلى انهيار كامل للنظام المنتج للدم في الفئران التي تحتوي على نماذج لطفرات مثل تلك التي تُرَى في متلازمة "فانكوني". تُبْرِز هذه النتائج الدور المحتمل لتلف الحمض النووي للخلايا الجذعية المنتجة للدم المستحث بالإجهاد في الأمراض التي لديها مكوِّن داعم للالتهابات، كما هو الحال في الشيخوخة الطبيعية.

Exit from dormancy provokes DNA-damage-induced attrition in haematopoietic stem cells
D Walter *et al*
doi:10.1038/nature14131

أحياء خلوية

تفاعُل المعزِّز الفائق مع الخلايا التائيّة

المعزِّزات الفائقة هي مجموعة من عوامل النسخ المتخصصة في تنظيم الوظائف الخلوية المتعلقة بهوية الخلية، وخطر الإصابة بالأمراض الوراثية. وتحدد هذه الدراسة ـ المتعلقة بمشهد المعزِّز الفائق في ثلاث مجموعات فرعية من الخلايا الليمفاوية التائية المساعدة ـ العُقَدَ التي لها أدوار حاسمة في هوية الخلية، مع موضع Bach2، الذي يرمز إلى عامل النسخ BACH2، وهو منظم سلبي مهم لتمايز المستجيب، والناشئ، باعتباره أبرز معزِّز فائق للخلية التائية. يؤدي اضطراب Bach2 إلى تأثير تفضيلي في التعبير عن الجينات المرتبطة بالمعزز الفائق والأحماض النووية الريبية غير المرمزة. ويوضح هذا العمل نهجًا منظمًّا، يمكن عن طريقه أن تتكامل خريطة المعزِّز الفائق لأنواع الخلايا ذات الصلة بعلم الوراثة البشرية؛ لاكتشاف الجينات المستهدَفة بالعقاقير.

Super-enhancers delineate disease-associated regulatory nodes in T cells
G Vahedi *et al*
doi:10.1038/nature14154

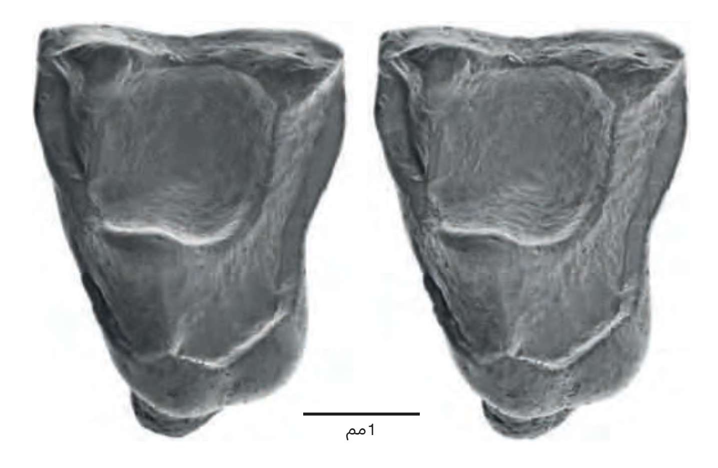
علْم الحيوان

تنوُّع الرئيسيات في أمريكا الجنوبية

تشكِّل قردة العالم الجديد platyrrhines بأمريكا الجنوبية مجموعة مستقلة، يشكِّل أصلها أسطورة، حيث تعود أقدم البقايا المعروفة إلى 26 مليون عام في بوليفيا. وهناك بقايا جديدة من إيوسين بيرو الأمازونية تعود بالسجل للخلف إلى عشرة ملايين عام، وتتشابه مع الرئيسيات الأفريقية المنقرضة أكثر مما تحمله مع القردة الحالية، أو حفريات قردة العالم الجديد، مما يشير إلى وجود علاقة وثيقة بالأنواع الأفريقية. تحقق الحفريات أيضا الظهور الأول للقردة والقوارض (خنازير غينيا وأشباهها) بأمريكا الجنوبية بطريقة وثيقة، لتثير ـ حتى الآن ـ المزيد من الأسئلة حول أصول تلك المجموعات الأمريكية الجنوبية المنقرضة.

Eocene primates of South America and the African origins of New World monkeys
M Bond *et al*
doi:10.1038/nature14120

الشكل أسفله | صور مجهر المسح الإلكتروني لعينة *Perupithecus ucayaliensis*. السِّبل CPI-6486، M[1?] (LACM 6289/ 155085)، بمنظور إطباقي. شريط المقياس، 1 مم.



أحياء جزيئية

اندماج غشائي محدد للالتهام الذاتي

تَكسِر الخلايا مكوناتها الخاصة أثناء عملية الالتهام الذاتي، وتعزلها في حويصلات متخصصة، تُسمَّى جسيمات بلعمية ذاتية، تلتحم ـ في نهاية المطاف ـ مع الليسوسومات؛ لتحلل محتوياتها. واندماج الغشاء حدث مهم، ليس فقط خلال النشوء الحيوي المبكر لحويصلات جسيمات البلعمية الذاتية، ولكن أيضًا عندما تتحد جسيمات البلعمية الذاتية مع الجسيمات الحالة. وهنا أظهر تشينج تشونج وزملاؤه أن وسيط الالتهام الذاتي الأساسي ATG14 يعزز الاندماج الحويصلي بتشكيل أوليجومرات مثلية، تقيَّد إلى مكون مركّب اندماج غشائي SNARE، وتجعله مستقرًّا على الجسيمات البلعمية الذاتية.

ATG14 promotes membrane tethering and fusion of autophagosomes to endolysosomes

J Diao *et al*

doi:10.1038/nature14147

كيمياء حيوية

بِنْيَة مركّب الريبوسوم-TU-EF

حتى الآن، وفَّرت الدراسات البلورية الصور ذات أعلى درجة استبانة لهذا المركّب. فقد استخدم هولجر ستارك وزملاؤه أحدث مناهج المجهر الإلكترون لتبريد العينة مفرد الجسيم؛ لتوصيف الريبوسوم 70S لبكتيريا *Escherichia coli* المقيدة إلى عامل الإطالة Tu، وهو حمض ريبي نووي نقّال مشحون، والمضاد الحيوي "كيروميسين" kirromycin، عند الاستبانة التي تتفوق محليًّا، والتي يتم الحصول عليها من خلال دراسة البلورات. ويتم الوصول إلى تبصُّر جديد حول التعديلات التي تحدث على الحمض النووي الريبي الريبوسومي، وعن المناطق الأكثر مرونة من البروتين، التي لا يمكن الوصول إليها من خلال التحليل البلوري.

Structure of the *E. coli* ribosome–EF-Tu complex at <3 Å resolution by C_s-corrected cryo-EM

N Fischer *et al*

doi:10.1038/nature14275



غلاف عدد 30 إبريل 2015

طالع نصوص الأبحاث في عدد 30 إبريل من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

عِلْم السرطان

مؤشر للعلاج المناعي الشخصي للسرطان

أثبت سيباستيان كريتر وزملاؤه في ثلاثة نماذج مستقلة للورم في الفئران، أن طفرات سرطانية عديدة غير مترادفة تستثير ردود أفعال مناعية، تتعرف على معظمها الخلايا التائية ($CD4^+$). ويتضح أن اللقاحات المعتمِدة على الحمض النووي المرسال الاصطناعي، والمعتمدة على الطفرة ترفض الأورام في الفئران. يُظْهِر الباحثون أن وفرة من الطفرات يُتوقَّع أن تقيَّد إلى الفئة الثانية من MHC (معقد التوافق النسيجي الكبير) في السرطانات البشرية، مما يدل على أن نهج العلاج المناعي المصمَّم ـ المقدَّم هنا ـ قد يخدم كنموذج للاستهداف الفعال للأورام الفردية للمريض مع اللقاحات المنتجة (في الوقت المناسب).

Mutant MHC class II epitopes drive therapeutic immune responses to cancer

S Kreiter *et al*

doi:10.1038/nature14426

عِلْم النبات

دفاع جديد ضد الفيروسات النباتية

هناك شيء من (سباق التسلح) بين النباتات ومسبِّبات الأمراض الفيروسية لها. تتصدى النباتات للفيروسات أساسًا من خلال الآليات التي تنخرط في إسكات الحمض النووي الريبي. وتزداد درجة الإمراض للفيروسات التي تواجه الكابِتَات. وفي المقابل، تَستخدِم النباتات كلا من بروتينات المقاومة، التي تُطْلِق المناعة في الاستجابة إلى جزيئات المستجيبات الفيروسية، والمناعة الفطرية؛ للحدّ من العدوى الفيروسية. تصف إليزابيث فونتيس وزملاؤها الآن أسلوبًا مختلفًا تستخدمه النباتات في معركتها مع الفيروسات. وقد أظهر الباحثون أنه في الاستجابة للعدوى بفيروس موازييك الفول (Begomovirus)، تثبط نباتات *Arabidopsis* نسخ الجينات المرتبطة بأهداف فيروسية داخل جهاز الترجمة، مما يتسبب في انخفاض عام في تخليق البروتين. ويقترح هذا العمل استراتيجيات جديدة، يمكن أن تُستخدَم للسيطرة على فيروسات موازييك الفول، وهي واحدة من أكثر المجموعات المسببة للأمراض من الفيروسات النباتية، التي تسبِّب عدوى شديدة للمحاصيل، مثل فيروس فسيفساء البطاطس الأصفر، ومرض الفسيفساء الأصفر الذهبي.

NIK1-mediated translation suppression functions as a plant antiviral immunity mechanism

C Zorzatto *et al*

doi:10.1038/nature14171

كيمياء حيوية

آليّة مقاومة الأرتيميسينين

إنّ ظهور مقاومة الأرتيميسينين يشكل تهديدًا رئيسًا لعلاج مرض الملاريا والسيطرة عليه في جميع أنحاء العالم. ورغم أنه قد تم ربط الأرتيميسينين بمجموعة متنوعة من العوامل الخلوية، لم يكن هناك توافق في الآراء بشأن الأهداف، أو آليّات الكيمياء الحيوية ذات الصلة، التي تدعم المقاومة. وهنا، توضِّح كاستري هالدر وزملاؤها أن الأرتيميسينين يستهدف الإنزيم الطفيلي فوسفاتيديلينوسيتول-3-كينيز (PfPI3K) لتثبيط إنتاج فوسفاتيديلينوسيتول 3-فوسفات.(PI3P). وتزيد الطفرة في PfKelch13، وهي علامة المقاومة التي سبق تحديدها، من مستويات PfPI3K في كل من السلالات المشتَقّة إكلينيكيًّا، وكذلك الطفيليات المختبرية المهندَسة وراثيًّا. ويشير هذا العمل إلى PfPI3K كوسيط أساسي لمقاومة الأرتيميسينين، وهدف للتخلص من الملاريا.

A molecular mechanism of artemisinin resistance in *Plasmodium falciparum* malaria

A Mbengue *et al*

doi:10.1038/nature14412

معدن شديد التفاعل في إنزيم MccA

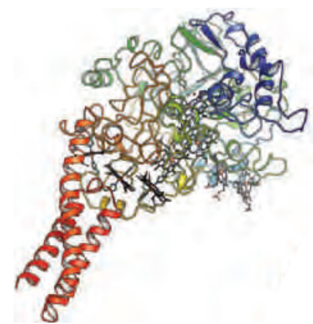
تحصل ميكروبات اختزال الكبريتات على الطاقة عن طريق اقتران اختزال الكبريتات والكبريتيت؛ لتوليد قوة دافعة بروتونية. في هذه الدراسة، حَلَّ الباحثون البِنْيَة البلورية بالأشعة السينية لإنزيم MccA، وهو إنزيم مختزل للكبريتيت، شديد التفاعل في بكتيريا *Wolinella succinogenes* . ومما أثار دهشة الباحثين أنهم وجدوا احتواء الموقع النشط للإنزيم على أيون فلزي آخر بجانب الحديد ـ تم تحديده كنحاس Cu(i) ـ يربط ما بين اثنين من ثيولات السيستين. وعلى النقيض من إنزيمات أكسدة الحديد والنحاس التنفسية، لا يخضع النحاسوز لمرحلة انتقالية من الأكسدة والاختزال أثناء الحفز؛ مما يضع النحاس المعدني الحيوي في سياق جديد يسهم في نشاط تحفيزي عال، وخاصة لإنزيم MccA.

The octahaem MccA is a haem *c*–copper sulphite reductase

B Hermann *et al*

doi:10.1038/nature14109

الشكل أسفله | بنية الإنزيم المختزل للكبريتيت شديد التفاعل MccA من بكتيريا *Wolinella succinogenes*. تمثيل ستيريو لإنزيم MccA ملون من الأزرق (النهاية الأمينية للسلسلة عديدة الببتيد) إلى الأحمر (النهاية الكربوكسيلية للسلسلة عديدة الببتيد)، مسلطا الضوء على اللوالب الثلاثية البارزة.



فيزياء

أطوار كَمِّيَّة قابلة للضبط بالجرافين

يوفر الجرافين ثنائي الطبقات منصّة مثيرة للاهتمام؛ لرصد تأثيرات إلكترونية جديدة مختلفة عن تلك الموجودة بالجرافين أحادي الطبقات، وهذا نتيجة لامتلاك الجرافين لفجوة نطاقية bandgap يمكن ضبطها مع مجال كهربي. وبالإضافة إلى ذلك.. تم التنبؤ بوجود أنماط مستقطبة لوَادٍ طوبولوجي عند حدوده النطاقية. استخدم فينج وانج وزملاؤه التصوير البصري للمجال القريب، وقياسات انتقال درجة الحرارة المنخفضة، التي تكشف أن مثل تلك الأنماط توجد بالجرافين ثنائي الطبقات ذي الفجوة. تفتح تلك الاكتشافات المجال أمام إمكانية استكشاف الأطوار الطوبولوجية بالجرافين ثنائي الطبقات، الذي يمكن ضبطه مع مجال كهربي.

Topological valley transport at bilayer grapheme domain walls

L Ju *et al*

doi:10.1038/nature14364

فَلَك

إثارة المركز المَجَرِّي

تكشف قياسات تليسكوب NuSTAR الخاصة بانبعاث الأشعة السينية عالية الطاقة، والقادمة من المركز المَجَرِّي الداخلي بمساحة عشرة فراسخ نجمية، عن مكوِّن بارز وقوي من الأشعة السينية بإطار الـ(4 فراسخ نجمية x 8 فراسِخ نجمية) المركزية. يبلغ هذا الانبعاث ذروته بطريقة أكثر حدة باتجاه المركز المَجَرِّي عن السطوع السطحي لتعداد الأشعة السينية الخافتة. تشمل التفسيرات المحتملة لذلك الانبعاث تجمُّعات من الأقزام البيضاء الضخمة المتراكمة، وتجمُّعات كبيرة من ثنائيات الأشعة السينية منخفضة الكتلة، أو نوابض الملّي ثانية النجمية، أو التدفق الدينامي. يطرح كل من تلك التفسيرات تحديات كبيرة للنماذج الحالية الخاصة بالتطور النجمي، وتكوين الثنائيات، وإنتاج الأشعة الكونية بالمركز المَجَرِّي.

Extended hard-X-ray emission in the inner few parsecs of the Galaxy

K Perez *et al*

doi:10.1038/nature14353

الشكل أعلاه | سجلات التقلبات المناخية الجليدية المفاجئة ألفية النطاق.

علْم المناخ

تقلُّبات المناخ من الشمال إلى الجنوب

توضح نظرية التأرجح ثنائي القطب بعض الحلقات المفاجِئة للتغير المناخي. وكنتيجة لإعادة التوزيع النصفي للحرارة؛ فعندما تحترّ منطقة قطبية؛ تبرد الأخرى. وحتى الآن، كان من غير الواضح ما إذا كان النصف الشمالي هو الذي سيدفع النصف الجنوبي، أم العكس، وما إذا كان التأرجح يعمل عبر آليات محيطية، أم أغلفة جوية. تولِّف تلك الدراسة بيانات من مَعَامِل مناخ متعددة، وتستخدم بيانات عالية الدقّة من اللب الجليدي للقطبَ الجنوبي المحفور مؤخرًا WAIS-Divide، جنبًا إلى جنب مع بيانات من جرينلاند؛ لتبين أنه أثناء ما يزيد على الـ65,000 عام الماضية، قاد الشمالُ الجنوبَ بكلٍّ من أحداث التبريد، والاحترار. وقد تَلَت التغيرات المناخية المفاجئة بالنصف الشمالي بعد قرنين استجابة بالقطب الجنوبي، مما يشير إلى تقدُّم محيط للإشارة المناخية إلى خطوط العرض المرتفعة بالنصف الجنوبي.

Precise interpolar phasing of abrupt climate change during the last ice age

C Buizert *et al*

doi:10.1038/nature14401

الشكل أعلاه | سجلات التقلبات المناخية الجليدية المفاجئة ألفية النطاق. أ، سجل جرينلاند NGRIP $\delta^{18}O$ بشأن التسلسل الزمني GICC05 x 1.0063. **ب**، سجل CH_4 المنفصل للب الفجوة الجليدية WDC بشأن التسلسل التزمني WD2014، الذي يقوم على الفرز الطبقي (0 – 31.2 ألف عام) وتزامن الميثان CH_4 إلى (31.2 – 68) NGRIP ألف عام). **ج**، سجل WDC $\delta^{18}O$. **د**، حزمة درجة الحرارة القطب جنوبية (ATS) بالدرجة المئوية نسبة إلى اليوم الحاضر بشأن التسلسل الزمني AICC12 x 1.0063. أحداث دانسجارد – أوشجر/الحد الأقصى النظائري القطب جنوبي (DO/AIM) موضحة بالأشرطة العمودية البرتقالية، مرقمة أسفل الصورة.

علوم الأرض

الظهور المبكِّر لترسيخ النيتروجين

كان تطوُّر إنزيم النيتروجينيز ـ الذي يمكن للكائنات من خلاله ترسيخ نيتروجين الغلاف الجوي ـ خطوة أساسية واضحة في تاريخ الحياة. ما كان أقل يقينا هو التوقيت، لذا فقد حددت إيفا ستويكين وآخرون عُمْر نِسَب نظير النيتروجين بالصخور الرسوبية البحرية والنهرية بما بين 3.2، و2.75 مليار عام. التفسير الأكثر يسرًا للنِسَب يأتي من خلال الترسيخ النيتروجيني، ربما مع الموليبدِيَنم كعامل مساعد. يشير ذلك إلى أن ترسيخ النيتروجين يبلغ من العمر ما لا يقل عن 3.2 مليار عام، وهو ما يتناقض مع الاقتراحات السابقة بأن الموليبدِيَنم البحري كان نادرًا قبل حدث الأكسدة العظيم.

Isotopic evidence for biological nitrogen fixation by molybdenum-nitrogenase from 3.2Gyr

E Stüeken *et al*

doi:10.1038/nature14180

أحياء بِنْيَوية

بِنْيَة الريبوسوم البشري تفصيليًّا

تعرض هذه الورقة البحثية البِنْيَة شبه الذَّرِّيَّة للريبوسوم البشري، باستخدام مجهر إلكترون تبريد العينة أحادي الجسيمات، وبناء النموذج الذَّرِّي. تصل البِنْيَة إلى استبانة عالية تبلغ 2.9 أنجستروم في المناطق الأكثر استقرارًا من المركب، مما يسمح بتصوير العناصر التي كان يتعذر الوصول إليها سابقًا، مثل مناطق سقالات الحمض النووي الريبي الريبوزي، والسلاسل الجانبية للأحماض الأمينية. وبالإضافة إلى ذلك.. فقد تم توضيح إعادة النمذجة للسطح البيني ومغزاه بين الوحدات الفرعية الكبيرة والصغيرة.

Structure of the human 80S ribosome

H Khatter *et al*

doi:10.1038/nature14427

أحياء مجهريّة

التعرُّف على الـ(DNA) عن طريق TLR9

يُطلِق شبيه المستقبِل المستشعر للنوكليوتيدات TLR9 الاستجابات المناعية الفطرية، بعد التعرف على الحمض النووي الميكروبي، الذي يحتوي على محفِّزات CpG. ويُظْهِر توشيكي شيميزو وزملاؤه الكيفية التي يَتعرَّف بها المستقبِل على هذا الحمض النووي المنشِّط للمناعة. ووفروا بِنَى بلورية لثلاثة أشكال من المستقبِل: غير المحتوي على ليجند، أو مقيَّد إمّا إلى الحمض النووي لـCpG المنشط للمناعة، أو الحمض النووي المثبط، اللذين يكشفان معًا الأساس الجزيئي لتنشيط TLR9. هذا.. وينبغي أن تسهم هذه النتائج في تطوير مضادات الفيروسات، وغيرها من العوامل العلاجية الأخرى التي تَستهدِف TLR9.

Structural basis of CpG and inhibitory DNA recognition by Toll-like receptor 9

U Ohto *et al*

doi:10.1038/nature14138

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علْم المناعة

تحديد أهداف مانع الجلوبيولين المناعي

تُستخدَم الأدوية التي تعوق نشاط الجلوبيولين المناعي (IgE) على نطاق واسع لعلاج مرض الربو، وحمى القش، والربو شديد الحساسية، لكن دراسات الترابط الوراثي أخفقت في تحديد المسارات الكامنة وراء المسارات التي تنظم دوره في الوساطة في حالة الحساسية. وقد قام ويليام كوكسون وزملاؤه بعمل دراسة مسحيّة حول الترابط الوراثي فوق الجيني بين تركيزات الجلوبيولين المناعي، والمثيلة عند جُزُر CpG (مناطق جينوم تحتوي على تكرار عال من سيتوزين-فوسفات-جوانين) على نطاق الجينوم في العائلات، وذلك باستخدام الحمض النووي من كريات الدم البيضاء الدموية الطرفية. وحدّدوا الارتباطات عند 36 موضعًا تؤوي جينات ترميز البروتينات، بما في ذلك المنتجات البوزينية، ووسطاء الالتهابات الشحمية الفسفورية. شكّلت الثلاثة مواضع الأكثر ارتباطًا 13% من تباين الجلوبيولين المناعي في الفريق الخاضع للدراسة الأولى. وتحدِّد الدراسة أهدافًا علاجية جديدة، ومؤشرات حيوية لأمراض الحساسية.

An epigenome-wide association study of total serum immunoglobulin E concentration

L Liang *et al*

doi:10.1038/nature14125

علْم الوراثة

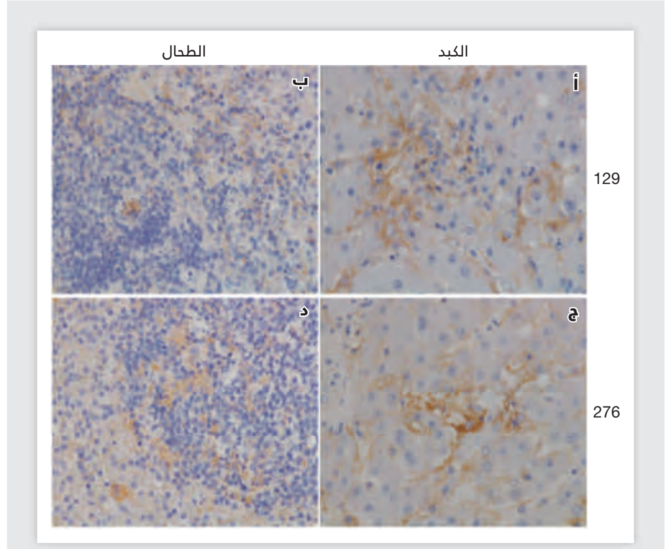
الاستهداف غير المباشر لِجين *TP53*

يُعَطِّل الجِين الكابت للورم *TP53* عن طريق الطفرة أو الحذف في معظم الأورام البشرية. وحتى الآن، في محاولات لاستعادة نشاط ناتجه، لم يحرز الجِين الكابح للورم نجاحًا يُذكَر، نظرًا إلى الطابع المعقد لإشارات p53. تقترح هذه الورقة البحثية مقاربة جديدة لاستهداف الجين الكابح للورم *TP53* بطريقة غير مباشرة، حيث كثيرًا ما يتضمن الحذف الجينومي للجين الكابح للورم *TP53* جينات مجاورة أخرى، مثل جين *POLR2A*، الذي يرمز إلى وحدة فرعية حرجة لإنزيم بوليميرز الحمض النووي الريبي الثاني. وأظهر زيونين لو وزملاؤه أن فقدان نسخة واحدة من جين *POLR2A* تجعل الخلايا السرطانية حساسة للغاية لمثبطات إنزيم بوليميرز الحمض النووي الريبي الثاني، مثل ألفا أمانيتين (α-amanitin). وفي نماذج الفأر المصاب بالسرطان، يمكن أن تصبح الأورام المحتوية على الحذف المشترك *POLR2A/TP53* مستهدَفة بشكل انتقائي بألفا أمانيتين المقترن بالأجسام المضادة التي تستهدف الخلايا السرطانية. قد يمهِّد استغلال نقاط الضعف الانتقائية المماثلة لحذف جينومي آخر ـ بالإضافة إلى الجينات الكابِتة للورم ـ الطريقَ نحو العلاجات الانتقائية لمجموعة كبيرة من السرطانات.

***TP53* loss creates therapeutic vulnerability in colorectal cancer**

Y Liu *et al*

doi:10.1038/nature14418



الشكل أعلاه | مقارنة مستضد فيروس الايبولا ZEBOV في أنسجة قرود المكاك المطعمة وغير المطعمة. أ، ج، الكبد، التوسيم المناعي السيتوبلازمي المنتشر (البني) للخلايا المبطنة الجيبية في كل من الحيوانات الشاهدة المصابة بفيروس ZEBOV. **ب**، **د**، الطحال، التوسيم المناعي السيتوبلازمي المنتشر للخلايا المتغصنة وحيدات النوى في اللب الأحمر والأبيض للحيوانات الشاهدة المصابة بفيروس ZEBOV.

علْم المناعة

اختبار لقاحات جديدة

تم اختبار لقاح فيروس إيبولا، المستند إلى نوعين متغايرين من فيروس التهاب الفم الحويصلي VSV "فيسيكولوفاكس" VesiculoVax المؤتلف المطوَّر حديثًا، لقدرته على حماية قرود سينومولوجوس ضد التحدي المغايِر مع سلالة جديدة من فيروس إيبولا. تلقَّت الحيوانات حقنة واحدة من "فيسيكولوفاكس"، نوعN4CT1 ، أوN1CT1 ، وتعرّضوا لجرعة عالية من فيروس الايبولا بعد أربعة أسابيع. لم يطوِّر أي حيوان من الحيوانات المطعَّمة مرضًا؛ ونجت الحيوانات كلها. يثير هذا العمل احتمال أن يكون الجيل الثاني للقاحات أقل من الجيل الأول المستخدم حاليًّا.

Single-dose attenuated Vesiculovax vaccines protect primates against Ebola Makona virus

C Mire *et al*

doi:10.1038/nature14428

علْم الكيمياء

الأغشية الرقيقة شبه الموصِّلة

تُظْهِر الطبقات الأحادية لمعدن الكالكوجينيدات الثنائي الانتقالي dichalcogenides الموصِّل (TMDs)، التي تتسم بسُمْك ثلاث ذَرّات، وعودًا كمواد للجيل التالي من الإلكترونيات النانوية، والإلكترونيات البصرية. يصف جيوونج بارك وزملاؤه طريقة جديدة لتصنيع الطبقات الأحادية للـTMD بواسطة ترسيب الأبخرة الكيميائية على رقائق ثاني أكسيد السيليكون العازلة، التي تنتج مساحات رقيقة كبيرة ذات خواص متماثلة. تمتلك المواد الناتجة قابلية انتقال إلكترونية مرتفعة عند درجة حرارة الغرفة، كما تمتلك درجة ثبات مرتفعة عبر كامل المساحة البالغة 4 بوصات. يمكن تصنيع ترانزستور تأثير المجال بقدرة أداء تبلغ 99%. ويبين العمل قابلية التصنيع الكَمِّي لأجهزة عالية الكفاءة مع طبقات TMD أحادية.

High-mobility three-atom-thick semiconducting films with wafer-scale homogeneity

K Kang *et al*

doi:10.1038/nature14417

علْم الأعصاب

الدوائر العصبية والاستجابة للمؤثرات

اللوزة المُخِّيَّة هي الجزء المرتبط بالمعالجة العاطفية في الدماغ، وهي الجزء المسؤول عن التعامل مع عوامل الاستثارة، الجيد منها والسلبي، لكن لا يُعرف إلا القليل حول الكيفية التي تميِّز بها الخلايا العصبية للوزة المُخِّيَّة العوامل المختلفة. حدَّد كاي تاي وزملاؤه اللوزة الجانبية القاعدية (BLA) كموقع لتباين الدوائر العصبية التي تتوسط الاستجابات العاطفية أو التحفيزية الإيجابية والسلبية. وقد وجدوا ـ من خلال دراسات أجريت على الفئران ـ أن الخلايا العصبية في اللوزة الجانبية القاعدية المرتبطة بمشاعر الإثابة أو الخوف تخضع لتغييرات متعارضة في القوة المتشابكة فيما يلي التعرض لتلك المشاعر. ويسبب التنشيط الانتقائي لتجمعات الخلايا العصبية ـ على التوالي ـ تعزيزًا.. إمّا سلبيًّا، أو إيجابيًّا. ويكشف تحليل الترانسكريبتوم عن الجينات المرشحة التي قد تتوسط هذه الاختلافات الوظيفية.

A circuit mechanism for differentiating positive and negative associations

P Namburi *et al*

doi:10.1038/nature14366

دائرة متعددة الحواس بيَرَقات ذبابة الفاكهة

عند اتخاذ القرارات.. يجب أن تدمِج الحيواناتُ المثيرات الحسية المختلفة، لكنّ وقت جَمْع المعلومات المتعددة، سواء أكان مبكرًا، أم متأخرًا أثناء معالجتها، فهو أمر غير معروف. وعن طريق استخدام التلاعب العصبي في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الحيوانات التي تتصرف بحُرِّيَّة، جنبًا إلى جنب مع الدراسات الفسيولوجية، وإعادة البناء باستخدام المجهر الإلكتروني، تعقَّبت مارتا زلاتيك وزملاؤها بعض الخلايا العصبية، من بين عدة آلاف منها، وعددها 138، تسمح ليرقة ذبابة الفاكهة بالهروب من المثيرات الميكانيكية، أو المسبِّبة للألم. وقد رسم الباحثون خريطة توضح الاتصال الوظيفي الكامل، بدرجة استبانة تصل إلى كل مشبك عصبي بشكل منفرد. تكشف الخريطة عن بِنْيَة تقارب معقدة متعددة المستويات، يلتقي فيها ويتفاعل مساران للإشارات في كل مرحلة، من الخلايا العصبية الحسية إلى المتوسطة والحركية، مما يزيد كل من حساسية النظام وثراء مدخلاته ومخرجاته الوظيفية. وتوفِّر هذه الدائرة متعددة الحواس في نظام نموذجي وراثي سلس موردًا مهمًّا لدراسة تفاعلات مسارات الحبل العصبي والدماغ المتعددة.

A multilevel multimodal circuit enhances action selection in *Drosophila*

T Ohyama *et al*

doi:10.1038/nature14297



غلاف عدد 7 مايو 2015

طالع نصوص الأبحاث فى عدد 7 مايو من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علْم المناخ

رَصْد الأمواج الداخلية لوسط المحيط

الموجات الداخلية هي الصورة المواجهة للموجات السطحية المألوفة، التي توجد تحت سطح الماء. ويمكن لتلك الموجات أن تكون هائلة الحجم، ولها القدرة على التحرك لآلاف الكيلومترات، قبل أن تنكسر. ويشتهر بحر الصين الجنوبي بأنه موطن أكبر الموجات الداخلية بمحيطات العالم، لكن يظل حجمها وآليّات تولُّدها ودورها بمخزون الطاقة المحلي مجهولًا. يقدم ماثيو آلفورد وزملاؤه النتائج من حملة رصد الأمواج الداخلية بتجربة المضايق IWISE، التي تكشف عن أن الموجات التي تتجاوز المائتي متر ارتفاعًا تنكسر في بحر الصين الجنوبي، وتخلق اضطرابًا، تبلغ قيمته أضعاف تلك الخاصة بمحيطات العالم، بالإضافة لتأثر التشكل الموجي بتيار كوروشيو. تتيح تلك النتائج ترشيد مخزون الطاقة الكامل لبحر الصين الجنوبي، بالإضافة إلى دمج أكثر دقة للموجات الداخلية بالنماذج المناخية.

The formation and fate of internal waves in the South China Sea

M Alford *et al*

doi:10.1038/nature14399

علْم المناعة

ورم يقاوم علاجًا كيميائيًّا

"الأوكزالبلاتين" Oxaliplatin هو علاج كيميائي مناعي فعال في علاج سرطان البروستاتا، لكن كما هو الحال مع معظم العلاجات المعروفة، تصبح الأشكال المقاومة للاستئصال من السرطان مستعصية على العلاج المستمر. وتُظْهِر هذه الدراسة أن الخلايا البلازمية للجلوبيولين المناعي-أ (IgA) تعزز المقاومة للأوكزالبلاتين في نماذج الفئران لسرطان البروستاتا، عن طريق تثبيط موت الخلايا السرطانية، وتنشيط الخلايا الليمفاوية السامة للخلايا. وتولِّد خلايا البلازما المثبطة للمناعة كاستجابة إلى TGFb، كما تعتمد وظائفها على التعبير عن ليجند 1 للموت المبرمج، وإفراز إنترلوكين-10. وتتيح إزالة الخلايا البلازمية للجلوبيولين المناعي-أ، التي تخترق سرطان البروستاتا المقاوم للعلاج البشري، بالاستئصال المعتمِد على CTL للأورام المعالجة بالأوكزالبلاتين.

Immunosuppressive plasma cells impede T-cell-dependent immunogenic chemotherapy

S Shalapour *et al*

doi:10.1038/nature14395

اختلاف النمط الظاهري بين الفئران

لوحظ تباين في الأنماط الظاهرية لنماذج الفئران المتطابقة وراثيًّا، مما تسبب في صعوبات من حيث تكرار التجربة. وكان فيما مضى يُعتقد أن مجهريات البقعة هي السبب الرئيس وراء هذا الاختلاف. وقد أثبت ثاديوس ستابينبيك وزملاؤه في تجارب أجريت على الفئران من النوع البري أن البكتيريا التي تنتقل عموديًّا في الفئران ذات المستويات المنخفضة من الجلوبيولين المناعي-أ(IgA) البرازي تهيمن على انخفاض مستويات الجلوبيولين المناعي-أ البرازي في الفئران عالية مستويات الجلوبيولين المناعي-أ بعد المشاركة في السكن أو زرع البراز. يشير هذا التأثير، الذي يحاكي تأثير الطفرات الوراثية، إلى أنه حتى مع استخدام الفئات الضابطة الملائمة وراثيًّا الموجودة في المرفق نفسه، لا يمكن ضمان القدرة على تكرار نتائج التجربة. ويقترح المؤلفون أن الجلوبيولين المناعي-أ البرازي يمكن أن يخدم كعلامة قابلة للقياس بسهولة، قابلة للاستخدام داخل وبين المنشآت أو المؤسسات؛ لمقارنة الاختلافات المظهرية.

Vertically transmitted faecal IgA levels determine extra-chromosomal phenotypic variation

C Moon *et al*

doi:10.1038/nature14139

كيمياء حيوية

إنزيم تخليق ببتيد سكّري

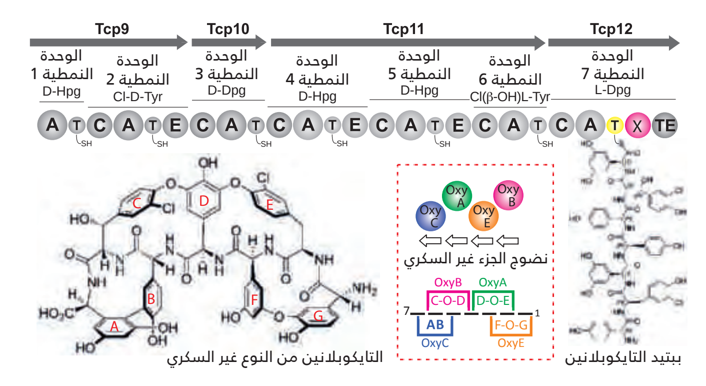
إن المضادات الحيوية الببتيدية السُّكَّرية، مثل "فانكومايسين"، و"تيكوبلانين"، التي تعد فعالة في القضاء على الإصابات ببكتيريا جرام موجب، هي نواتج أيضية ثانوية مخلَّقة حيويًّا بواسطة إنزيمات تخليق الببتيد غير الريبوزومي. والتخليق في الجسم الحي هو حاليًّا الخيار الوحيد المتاح لإنتاج هذه البِنَى المعقدة للغاية، ولذلك فإن فَهْم مسار التخليق الحيوي ذو أهمية إكلينيكية كبيرة. وقد حدد المؤلفون لهذه الورقة البحثية بِنْيَة "النطاق-إكس" التي لم يتم توصيفها سابقًا، وتم حفظها بدقة في الوحدة النمطية النهائية لإنزيمات تخليق الببتيد السكري غير الريبوزومي (NRPSs). يتفاعل "النطاق إكس" مع اثنين من السيتوكروم P450s، وتكشف كل من بِنْيَتي "النطاق إكس" في الحالة المعزولة والمركبة مع أول بروتين أوكسيجينيز، الناتج عن التخليق الحيوي لتيكوبلانين، عن الطبيعة غير النشطة للنطاق إكس، وكذلك كيف يحدث توظيف الأوكسيجينيز.

X-domain of peptide synthetases recruits oxygenases crucial for glycopeptide biosynthesis

K Haslinger *et al*

doi:10.1038/nature14141

الشكل أسفله | بنية تايكوبلانين غير السكري والمسار التخطيطي للبناء الحيوي للتايكوبلانين بتخليق الببتيد غير الريبوزومي (NRPSs). المضادات الحيوية الببتيدية السكرية مثل فانكومايسين والتايكوبلانين، عالية الفعالية ضد الالتهابات البكتيرية إيجابية الجرام، وهي مركبات ثانوية مخلقة حيويًّا بواسطة إنزيمات مخلَّقة الببتيد السكري غير الريبوزومي (NRPSs). تسميات نطاقات بروتينات NRPS (Tcp9-12): A، إضافة مجموعة الأدينيل (الأحماض الأمينية المحددة المشار إليها أعلاه الوحدة النمطية: Hpg، -هيدروكسي فينيل جليسين؛ Dpg، 3، 5- ثنائي هيدروكسي فينيل جليسين)؛ C ، التكثيف؛ E، تشكل المصاوغات الصنوية.T، البروتين الناقل لإضافة الثيول/بيبتيديل (PCP)؛ TE،ثيوإستيريز؛ X، نطاق لوظيفة غير معروفة. تصلب الجزء غير السكري محفز P450 الأساسي يحدث من خلال تشبيك السلاسل الجانبية العطرية (OxyA-C،، OxyE). كل تفاعل تشبيكي يتم بواسطة بروتين أوكسي محدد، مع الإشارة تخطيطيًّا لمنتجات كل بروتين أوكسي؛ يشار إلى التسمية الحلقية القياسية على التايكوبلانين غير السكري بحروف حمراء.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

فَلَك

تَشَكُّل التكتل بمَجَرَّة يافعة

تهيمن الغازات على المجرّات الفَتِيَّة المتغذية بشدة على الخزانات الكونية، التي تحتوي على تكتلات مكوَّنة للنجوم الضخمة. ومع ذلك.. لم يتم رصد أي أحداث تكوُّن تكتلي، وتجري مناقشة ما إذا كان يمكن لتلك التكتلات أن تحافظ على التغذي من النجوم الفتية، ومن ثم تهاجر للداخل؛ لتشكل نتوءات مَجَرِّيَّة، ولكن آنيتا زانيلا وآخرون يبلِّغون الآن عن تحليل طيفي مفصول مكانيًّا لمنطقة تَكَوُّن نجمي يافعة للغاية، تم التقاطها عند الانهيار التجاذبي (حيود أحمر z = 1.987) بمجرة نائية. يزيد استهلاك الغاز بذلك التكتل اليافع (يبلغ عمر أقل من 10 مليون عام) عشرة أضعاف عن المجرة المضيفة. ويدعم تردد التكتلات الأقدم ذات الكتل المشابهة، إلى جانب التقدير الأولي لمعدل تَكَوُّنهم ، لكونهم ذوي فترة حياة أطول (حوالي 500 مليون عام)، مما يرجح نموذجًا، حيث تحافظ التكتلات على بقاء التغذية، وتنتج نتوءات المجرّات الحالية.

An extremely young massive clump forming by gravitational collapse in a primordial galaxy

A Zanella *et al*

doi:10.1038/nature14409

عِلْم البيئة

استجابات النحل للمبيدات الحشرية

لا تزال التقارير التي تفيد بأن المبيدات الحشرية شبيهات النيكوتين الحديثة لها آثار سلبية على التجمعات السكانية للنحل مثيرة للجدل. وقد انتقدت دراسات استخدام جرعات عالية غير واقعية من المبيدات الحشرية، أو ظروف بعيدة كل البعد عن تلك الموجودة في الحقل، كما أشير إلى أن النحل قد يكون قادرًا على الكشف عن المبيدات الحشرية وتجنب المحاصيل المعالجة. عرضت دراستان نشرتا مؤخرا بدورية *Nature* بعض النتائج التي تسد بعض الثغرات في معرفتنا الحالية. في التجارب المختبرية، استخدم سيباستيان كيسلر وزملاؤه جرعات مستخدَمة عادة على مستوى الحقل من ثلاثة مبيدات حشرية تنتمي إلى فئة شبيهات النيكوتين الحديثة - كلوثيانِدين، إيميداكلوبريد وثيامثوكسام - لإظهار أن كلًّا من نحل العسل، والنحل الطنان قادر على الكشف عن وجودها. ومع ذلك.. فإن النحل لا يتجنب الأغذية المعالَجة بالمبيدات، بل ربما يفضلها. كما زرع ماج راندلوف وزملاؤه بذور اللفت الزيتية مع طلاء البذور بالكلوثيانيدين ـ وبدون ذلك ـ في المناظر الطبيعية الزراعية المتطابقة والمنسوخة نسخًا متماثلًا. ووجدوا أن طلاء البذور مقترن بانخفاض كثافة النحل البري، فضلًا عن انخفاض تداخل النحل الانفرادي، وانخفاض نمو مستعمرة من النحل الطنان، ولكنهم لم يكشفوا عن أي تأثير على نحل العسل.

Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides

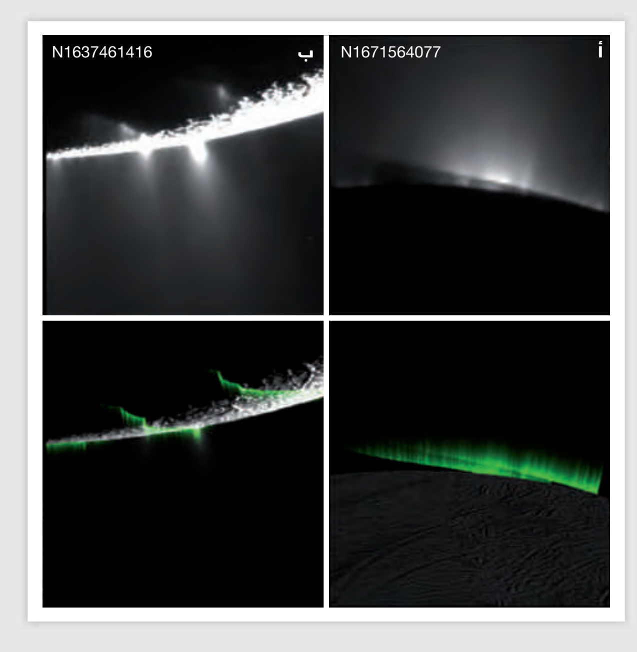
S Kessler *et al*

doi:10.1038/nature14414

Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees

M Rundlöf *et al*

doi:10.1038/nature14420



فَلَك

مصادر نفثات قمر إنسيلادوس

تعتلي محاكاة الانفجارات الستارية المنتظمة صورة كاسيني N1637461416 الملائمة؛ لجعل المواد المتفجرة مرئية. فقد كشفت الصور الملتقطة بواسطة مسبار "كاسيني" عن شقوق كبيرة، تحدُّها الصدوع باتجاه القطب الجنوبي لقمر إنسيلادوس (الخاص بزحل). تلك السمات المعروفة شعبيًّا باسم "خطوط النمر"، تصل إلى درجات حرارة أكثر ارتفاعًا من المحيط الخاص بها، وكان يُعتقَد في كونها مصادر النفثات المرصودة لبخار الماء والجسيمات الجليدية. يقارن جوزيف سبيتالي وآخرون صور مسبار "كاسيني" مع ستائر المحاكاة للمواد المتفجرة من تضاريس القطب الجنوبي لإنسيلادوس؛ لإنتاج خرائط تفصيلية لانبعاثات القطب الجنوبي عند أزمنة مختلفة. يمكن تفسير جزء كبير من النشاط الانفجاري بواسطة الانفجارات الواسعة الشبيهة بالستائر، التي أُسيء تفسير الكثير منها في السابق، باعتبارها نفثات منفصلة. تتوافق النفثات الوهمية بالستائر المُوَلَّفة بشدة مع مناطق السطوع المعزز بصور "كاسيني".

Curtain eruptions from Enceladus' south-polar terrain

J Spitale *et al*

doi:10.1038/nature14368

الشكل أعلاه | توضح محاكاة الستائر ظاهرة النفثة الشبحية. أ، أعلى، صورة كاسيني N1671564077 مشدودة ومُجتزأة للتركيز على الستائر النفثية من خطوط بغداد ودمشق. أسفل،صورة توليفية بالهندسة نفسها مع صفائح نفثية منتظمة من خطوط بغداد ودمشق. التباينات السطوعية ذات التردد العالي بصورة المحاكاة هي نفثات شبحية. بعض هياكل الصور الأكبر قد تكون أيضًا أشباحًا. **ب**، أعلى، صورة كاسيني N1637461416 مشدودة ومُجتزأة كي تصبح المادة المتفجرة مرئية. أسفل، تعتلي ستائر المحاكاة المنتظمة الصورة غير المشدودة. تضاهي النفثات الشبحية بالستائر المولفة بشكل جيد مناطق السطوع المعززة بالصورة.

أحياء

بِنْيَة مضخّة أيون الصوديوم

كانت صبغات الرودوبسينات الميكروبية المعروفة تعمل إمّا مضخّات بروتون إلى الخارج (رودوبسينات بكتيرية)، أو مضخات كلوريد للداخل (رودوبسينات ملحية)، حتى الاكتشاف الأخير لرودوبسين ضخ أيون الصوديوم المُدار بالضوء من البكتيريا البحرية *Krokinobacter eikastus*. جذب هذا البروتين الجديد، المسمى KR2، الاهتمام كأداة محتمَلة لاستخدامها في الوراثيات البصرية، حيث يمكن لتنشيطه أن يغير تركيز الصوديوم في خلية مستهدفة، وليس فقط درجة الأس الهيدروجيني، أو تركيز الكلوريد. كشف أوسامو نوريكي وزملاؤه عن بِنْيَتين بلورتين بالأشعة السينية لبروتين KR2، واستخدامهما لاقتراح نموذج عامل لنقل أيونات الصوديوم. صمم الباحثون بناء على تلك البِنَى عدة طفرات لبروتين KR2، وهندسوا بنجاح مضخة نقل لأيونات البوتاسيوم.

Structural basis for Na^+ transport mechanism by a light-driven Na^+ pump

H Kato *et al*

doi:10.1038/nature14322

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الإحاثة

رُسْغ يتيح الطيران

تجلس مجموعة صغيرة من الديناصورات الغريبة scansoriopterygids عند قاعدة سلالة الديناصورات التي تطورت في النهاية إلى الطيور. اتسمت تلك المجموعة بصغر حجمها، حاملة أصابع طويلة في الأغلب، وعادة ما يتم إعادة بناء نماذجها لتعطي شكل مخلوقات شجرية شبيهة بحيوان الليمور. يقدم زو زينج وزملاؤه ما يمكن أن يكون أغرب مخلوق في تلك المجموعة تم اكتشافه حتى الآن. أطلق عليه الباحثون *Yi qi*، وهو حيوان صغير، استُخرج من رسوبيات يعود عمرها إلى 160 مليون عام بالصين، ويمتلك تشكيلة غير عادية من الريش الخيطي، وتركيبين عظميين مشدودين للرسغ، وهو ما يختلف عن أي شيء تمت رؤيته سابقًا في أي ديناصور. قد تدعم تلك الهياكل المضاهية للعظام الدخيلة، التي نراها بمجموعة متنوعة من رباعيات الأرجل، غشاء معززًا للطيران الانزلاقي. هذا.. وتوجد بقايا لمثل هذا الغشاء محفوظة مع العينة.

A bizarre Jurassic maniraptoran theropod with preserved evidence of membranous wings

X Xu *et al*

doi:10.1038/nature14423

الشكل أسفله | أنسجة رخوة محفوظة بحفرية (STM 31 2-Yi qi). أ – هـ. الريش فوق الجمجمة (**أ**) على طول عظم العضد (**ب**) وعلى طول عظمة الظنبوب tibiotarsus (**ج**)؛ الريش المعزول قاعديا بطريقة متقاربة (**د**) والشبيه بالفرشاة (**هـ**)؛ **و**، نسيج رخو شبيه بالصفيحة مصاحب للقائمة الأمامية اليمنى (تشير الأسهم الصفراء إلى رقع من النسيج الرخو الشبيه بالصفيحة)؛ **ز**، مقارنة النسيج الرخو الشبيه بالصفيحة (فوق الإصبع II) والريش الفردي (أسفل الإصبع II).

علْم الأورام

نموذج يكشف عن تطور الأورام

باستخدام قدرات تحرير الجينوم الدقيقة لنظام (كريسبر/كاس9)، أدخل هانز كليفرس وزملاؤه أربعًا من الطفرات الأكثر شيوعًا لسرطان القولون والمستقيم في مستزرعات بشرية مكوَّنة من خلايا معوية أو قولونية صغيرة. في النموذج المتطور للقولون والمستقيم الناتج في المختبر، نجد أن الطفرات المكونة للورم تزيل *APC*، و*P53*، و*KRAS*، و*SMAD4* الاعتماد على العوامل المتخصصة للخلايا الجذعية، وتحوُّل العضيّات إلى عضيّات ورمية تنمو كالأورام الغدية السرطانية عند زرعها في الفئران. سيكون هذا النظام لا يُقدَّر بثمن في المستقبل لدراسة السرطانات البشرية، وتطوير أساليب علاجية جديدة.

Sequential cancer mutations in cultured human intestinal stem cells

J Drost *et al*

doi:10.1038/nature14415

علْم الأعصاب

القشرة الجبهية.. والعُقد العصبية

تفترض النماذج الحالية أن العقد العصبية القاعدية ـ الخلايا العصبية في النواة المذَنَّبة، والبطامة (بِنْيَة تشريحية عصبية)، والكرة الشاحبة في قاعدة الدماغ الأمامي في الفقاريات - تمارس تأثيراتها على القشرة المخية بشكل غير مباشر عن طريق تثبيط المهاد، وأن هذه الدوائر تتحكم في الحركة وتعلُّم الإثابة. يصف برناردو ساباتيني وزملاؤه اتصالًا تشريحيًّا مباشرًا غير معروف سابقًا من الكرة الشاحبة الظاهرة إلى القشرة المخية الأمامية، وأظهروا أنها تنظِّم وظيفيًّا النشاط القشري. ونشاط هذا المسار حساس لتأشير مستقبلات الدوبامين، مما يشير إلى آلية جديدة لعمل أدوية دوبامينة مستخدَمة في علاج الاضطرابات العصبية والنفسية.

A direct GABAergic output from the basal ganglia to frontal cortex

A Saunders *et al*

doi:10.1038/nature14179

فيزياء

شبكة عصبية البِنْيَة.. لمهام أكثر تفوقًا

يُعَدّ بناء شبكات عصبية تشابه أو تتفوق على مثيلاتها البيولوجية من حيث القدرات المعرفية، واحدًا من التحديات الكبرى في مجال الحوسبة. وتجمع إحدى الطرق المقترحة لتصميم تلك الأجهزة ـ والمحتمل أن تكون أبسط في تركيبها من تلك المستندة إلى دوائر سيليكون معقدة ـ بين أشباه موصِّلات-أكسيد المعدن المكملة (CMOSs) وأجهزة مقاومة ثنائية الطرف. ويوضح ديمتري ستروكوف وزملاؤه تركيب شبكة ذاكرة مقاومة لأكسيد معدن خالية من الترانزستور، تتميز بدرجة تباين منخفضة للجهاز الذي يعمل كمستقبِل أحادي الطبقة. ويعني هذا أن الجهاز قادر على التعرف على أنماط أبيض وأسود (3 × 3 بكسلات) ناقصة كحروف الأبجدية. وتكمن قوة هذا النهج في قابلية القيام بمهام أكثر تحديًا.

Training and operation of an integrated neuromorphic network based on metal-oxide memristors

M Prezioso *et al*

doi:10.1038/nature14441

علْم الأمراض

آلية جديدة لمواجهة الأورام

تتجنب السرطانات الاستجابات المناعية للمضيف، لكننا لا نجد الأورام تنتقل بشكل مُعْدٍ بين الأفراد، مما يدل على أن النظام المناعي لديه القدرة على التعرف على الخلايا السرطانية والقضاء عليها. وتُظْهِر هذه الدراسة مصير أورام زُرعت في فئران، حيث رفضتها أجسادهم عن طريق ارتباط الأجسام المضادة للجلوبيولين المناعي ج (IgG) بالأورام. وينشط الامتصاص بواسطة مستقبِل FC لمركبات الورم المناعية إلى داخل الخلايا التغضنية الخلايا التائية المتفاعلة الورمية. كما يستحث حقْن alloIgG داخل الورم، جنبًا إلى جنب مع المواد المساعدة للخلية التغضُّنية، استجابات نظامية مضادة للورم بواسطة الخلية التائيّة. ويكشف هذا العمل عن آلية جديدة لرفض الورم، يمكن أن تُستَغَلّ إكلينيكيًّا.

Allogeneic IgG combined with dendritic cell stimuli induce antitumour T-cell immunity

Y Carmi *et al*

doi:10.1038/nature14424

علْم الوراثة

إصلاح الـDNA عنصر مهم لمعدَّل الطفرات

تختلف معدلات الطفرات الجسدية عبر الجينوم البشري في أنواع مختلفة من السرطان. وباستخدام التحليل الجينومي المقارن لـ652 ورمًا، حدَّد فران سوبك، وبن لينر نظام إصلاح، لعدم تطابق الحمض النووي(MMR) كأساس لتباين محلى مميز في معدلات الطفرة عبر الجينوم البشري. وبينما تستقر معدلات الطفرة الجسمية المحلية ـ إلى حد كبير ـ عبر أنواع الخلايا، مع وجود اختلافات متصلة بالتغيرات في توقيت النسخ المتماثل، والتعبير الجيني، تحمل الأورام ذات نظام إصلاح عدم تطابق الحمض النووي المعطل تباينًا منخفضًا في كثافة الطفرات المحلية. لذلك.. يبدو أن الإصلاح التفاضلي للحمض النووي، وليس إمداد الطفرة التفاضلية، هو السبب الرئيس لتباين معدل الطفرة المحلية في الجينوم البشري.

Differential DNA mismatch repair underlies mutation rate variation across the human genome

F Supek *et al*

doi:10.1038/nature14173

صندوق الأدوات

مشكلة روابط المَراجع التالفة

علماء كمبيوتر يحاولون تدعيم الروابط التالفة في المؤلفات العلمية.



ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

جيفري إم. بيركل

يُفترض في المؤلفات العلمية أن تكون سِجلًّا دائمًا لحفظ المعلومات. لذا.. فمن المُخجل أن تكون غالبية مراجع الويب المذكورة في الأوراق البحثية العلمية تالفة، أي لا تعمل: جرِّب أن تضغط عليها؛ وستجد الاحتمال الأكبر أنها تُوَجِّهك إلى لا شيء، أو إلى موقع آخر، حلَّ محل الموقع الأصلي الذي أشارت الورقة العلمية إليه.

قام هربرت ڤان دي سمبل ـ متخصص في علم نُظُم المعلومات في المكتبة البحثية لمختبَر لوس ألاموس القومي في نيو مكسيكو ـ بقياس المدى المُنذِر بالخطورة، الذي وصل إليه "تلف الروابط" و"انجراف المُحتوى"، وذلك في ورقة بحثية نُشرت في ديسمبر الماضي (M. Klein *et al*. *PLoS ONE* **9**, e115253; 2014)، بمشاركة مجموعة من الباحثين، تحت إشراف مشروع "هيبر لينك" (http://hiberlink.org)، حيث أجروا تحليلًا لأكثر من مليون رابط عمومي على الويب (وهي تلك الروابط التي تبدأ بـ'//:http'، وتشير إلى مواقع غير تلك المذكورة في مقالات الأبحاث). وهذه الروابط استخرجوها من 3.5 مليون مقال علمي منشور بين عامي 1997 و2012.

وجد فريق "هيبر لينك" في المقالات من عام 2012 النتائج التالية: نسبة 13% من الروابط التشعُّبيّة في الأوراق البحثية بخادم arXiv، و22% من الروابط التشعبية في الأوراق البحثية لدوريات "إلسفير" كانت تالفة (وترتفع النسبة في المقالات الأقدم)، وأنه ـ بصفة عامة ـ لم تتم أرشفة 75% من الروابط على أي موقع أرشفة على الإنترنت خلال أسبوعين من تاريخ نشر المقال، بمعنى أن محتواها الحالي قد لا يحتوي على المحتوى الأصلي الذي يشير إليه المؤلف، على الرغم من أن القارئ قد لا يدرك هذا الأمر.

ولُوحِظ أن رُبْع المقالات العلمية المنشورة في 2012 فحسب كانت تحتوي على روابط لمحتوى عمومي، ووجد الفريق أن حوالي أربعة أخماس تلك المقالات عانت من مُشكلة روابط المَراجع التالفة، بمعنى أنها تضمّنت إشارة واحدة على الأقل إلى مُحتوى عمومي غير موجود، أو غير مؤرشَف. يصف ڤان دي سمبل الوضع بأنه درامي ومؤسف، لأن محتوى الخوادم قد يتغير، أو يتغير مالكوها، أو حتى قد تختفي، وبهذا.. فإن الباحثين الذين يتتبعون تلك الروابط من أجل الوصول إلى مجموعات من البيانات، أو البرمجيات، أو غيرها من الموارد على شبكة الإنترنت، قد لا يجدون أي مكان ليذهبوا إليه. يقول ڤان: "لقد فقدتُ خيطًا يؤدي إلى الأدلة التي استُخدمت في البحث".

لقطات مصوَّرة من الويب

لحُسْن الحظ، تسمح خدمات الأرشفة على الإنترنت - مثل "إنترنت أركايف" Internet Archive - للباحثين بتخزين نُسَخ دائمة من صفحات الويب بالشكل الذي ظهرت به وقت إعداد مخطوطاتهم، وهي مُمارسة يوصي بها ڤان دي سُمبل، كما يحث الباحثين على إدراج روابطهم المؤرشفة وتاريخ إنشائها في مخطوطاتهم. أمّا الناشرون، فيحثُّهم على أخذ لقطة مصورة للمواد المشار إليها في المقالات المُرسَلة إليهم، وتخزين هذه اللقطة للرجوع إليها وقت الحاجة. وقد قامت مكتبة مدرسة القانون ـ الواقعة في جامعة هارفارد في كامبريدج، ماساتشوستس ـ بتطوير خدمة أرشفة ويب، تُسمَّى "بيرما" (https://perma.cc). فما عليك سوى أن تقوم بإدخال رابط تشعُّبي في موقع "بيرما"؛ وسيعطيك الموقع رابطًا ◄

◄ تشعُّبيًّا جديدًا لصفحة تحتوي على روابط لكل من موقع الويب الأصلي، والنسخة المؤرشفة.

نَشَرَ ڤان دي سُمبل وآخرون للجمهور خلال الأسابيع القليلة الماضية نهجًا تكميليًّا، يعتمد على خدمةٍ شارَك في تطويرها، تُسمى "ميمنتو" Memento، حيث يصفها ڤان بـ"سَفَر عبر الزمن لمواقع الويب". توفر البِنْيَة التحتية لخدمة "ميمنتو" واجهة موّحدة لعدد لا يُحصى من مؤرشفات الإنترنت، بما يسمح للمستخدمين بالوصول إلى كافة الإصدارات المحفوظة لصفحة ويب معينة. ونظريًّا، يمكن أن تسمح هذه البنية التحتية بالوصول إلى روابط الويب العمومية في أي مقال علمي، حتى ولو تغيَّر الموقع الأصلي، أو اختفى. وهنا، سيتعيّن على الناشرين إدراج كود برمجي إضافي بسيط في مقالاتهم، وسيتوجّب استبدال روابط الويب الاعتيادية بثلاث معلومات، هي: الرابط المُباشر، والرابط المؤرشف، وتاريخ الإنشاء. وتُجمع هذه المعلومات في البطاقات المقروءة آليًّا، التي اقترحها ڤان دي سُمبل.

عَقبة التخزين

يقول ڤان دي سُمبل إنه "مُتحمس للغاية" حيال النهج الذي يتّبعه فريقه، ولكن نجاحهم سيتوقف على تعاون المؤلفين والناشرين، الذين قد يرفضون المساعدة. كما توجد عقبة أخرى، هي أن أصحاب صفحات الويب الذين يحتفظون بحقوق نشر المحتوى يمكنهم المطالبة بإزالة نسخة المحتوى المؤرشَفة. كما يُمكنهم أيضًا عدم السماح بأرشفة مواقعهم، عن طريق إضافة ملف أو سطر كود يمنع البرمجيات من 'الزحف' داخل الموقع، أو التقاط محتواه. والكثير منهم يفعل ذلك بالفعل. فعلى سبيل المثال.. إذا تعرَّض موقع الأرشفة "بيرما" لصفحة ويب مزوَّدة بكود الاستبعاد الذي يمنع "بيرما" من التقاط المحتوى، فإن "بيرما" يحفظ المحتوى في "أرشيف مُظلم". وللوصول إلى صفحة ويب موجودة في أرشيف مظلم، يجب على القارئ الاتصال بمكتبة مُشارِكة في مشروع "بيرما" لطلب مُشاهدته.

كما تحمي المواقع، التي تحتوي على مقالات علمية مدفوعة ومزودة بأكواد استبعاد، مقالاتها باستمرار من الزحف، أو التقاط مواقع الأرشفة لها. وعلى الرغم من أن الناشرين قد أدخلوا نظام "معرِّف الكيانات الرقمية" DOI، لضمان أن يتمكّن العلماء من استخدام رابط تشعُّبي دائم، للإشارة إلى الإصدار الصحيح من مقال بحثي على الإنترنت، بدون القلق من تغيُّره بعد ذلك، حتى لو غيَّر الناشر عناوين الويب المحلية الخاصة به. ورغم ذلك.. فقد أصيب النظام الذي يوجِّه روابط "معرِّف الكيانات الرقمية" بخلل في يناير الماضي؛ جعله يتوقف عن العمل، مما يوضح أنه ليس منيعًا ضد الفشل. هُناك أيضًا شركات نشر تحترز من تلف الروابط، عن طريق الأرشفة الأوتوماتيكية للمقالات، حيث يُمكن استعادة المقالات عند الحاجة إليها، حتى لو توقف نشاط الشركة.

هذا.. ولا تقوم كل الشركات بالأرشفة، حيث يقول ديفيد روزنتال ـ أحد موظفي مكتبة جامعة ستانفورد في كاليفورنيا ـ إن تحليل البيانات الناتجة من خدمة رصد بيانات تُسمى "ذا كيبرز ريجيستري" The Keepers Registry يُظهِر أن "المقالات المحفوظة لا تتعدى نسبتها 50% من إجمالي المقالات بأي حال من الأحوال"، وهو ما ذكره روزنتال في مدوَّنته (go.nature.com/jrwqo4). لذا.. قد تكون مهمة فريق "ميمنتو" في حل مشكلة الإشارات التالفة لروابط الويب التشعُّبيّة والمقالات العلمية "مفرطة في التفاؤل"، على حد قوله. ■

جيفري إم. بيركل كاتب يقيم في بوكاتيلو، أيداهو.

النشر

تدشين "الأشكال البيانية الحية"

رسوم بيانية منشورة.. تدمِج بيانات من علماء آخرين.

دالميت سينج شاولا

في يوليو من العام الماضي، نشر بيورن بريمبس ـ عالِم بيولوجيا الأعصاب ـ ورقة علمية حول كيفية سير ذبابة الفاكهة على الأقدام. بعد مضي تسعة أشهر، أضافت مجموعة بحثية أخرى بياناتها، مما أدى إلى تغيير أحد الأشكال المذكورة. يدشن التحديث ـ الذي أُجري على الشكل 4 بالورقة البحثية ـ لأول مرة ما تطلِق عليه دار النشر Faculty of 1000 (F1000)، الواقعة في لندن، الأشكال البيانية الحية، وهو المفهوم الذي تأمل في مواصلة تطبيقه على مقالات أخرى.

يقول بريمبس، من جامعة ريجنسبورج في ألمانيا، إنّ ثلاث مجموعات بحثية أخرى وافقت حتى الآن على إضافة البيانات الخاصة بها، وذلك باستخدام برمجيات كتبها هو؛ لإعادة رسم الشكل تلقائيًّا، كلما وصلت بيانات جديدة.

وتكشف الورقة البحثية التي كتبها مع جوليان كولومب ـ الرئيس التنفيذي لشركة "دروسوشير" Drososhare في برلين ـ عن اختلافات سلوكية ضمن سلالة من ذبابة الفاكهة، هي سلالة Canton Special، أو CS (J. Colomb and B. Brembs *F1000Research* **3**, 176; 2014). ورغم وجود سلالات فرعية، فإن الباحثين عادةً يعتبرون ذبابات سلالة CS متماثلة، بحيث لا يميزون بين السلالات الفرعية في تحليلاتهم، غير أن بريمبس وكولومب أفادا بأن الذبابات تتبع ثلاثة أنماط مختلفة من سلوك المشي. وقد ينبئ ذلك عن اختلافات أخرى في السلوك، مما يُربِك التجارب التي تُستخدَم فيها ذبابات CS كمجموعة ضابطة، حسب قوله.

يعتقد بريمبس أن ظهور تلك الأنماط المختلفة له منشأ وراثي، بعد قيامه بتحديد التسلسل الجينومي للذبابات، وبالتالي لا يمكن إرجاعها للاختلافات البيئية بين المختبرات. لذا.. فإن إضافة بيانات من قِبَل مختبرات أخرى يمكن أن تساعد في اختبار مدى صحة نظريته.

النشر المتكرر

ينسجم مفهوم الأشكال البيانية الحية ضمن إحدى الركائز الأساسية لفلسفة النشر التي تنتهجها دار نشر (F1000)، وهي أن الأوراق البحثية يمكن تحديثها باستمرار. يقوم موقع النشر ـ بالوصول المفتوح على الإنترنت فقط ـ بنَشْر المقالات فورًا تحت بند "في انتظار مراجعة الأقران"، ثم يدعو العلماء إلى مراجعتها. يمكن للمؤلفين بعد ذلك تحديث مقالاتهم بإصدارات جديدة. تشبه هذه العملية إضافة قطع من الورق أعلى كومة موجودة من الأوراق، حسب ما أوردته دار النشر.

إن السماح لباحثين آخرين بنشر بياناتهم في بحث منشور بالفعل يأخذ بالفكرة إلى خطوة أبعد، حسب قول ريبكا لورانس، عضو مجلس الإدارة المنتدب لدار نشر (F1000)، حيث تقول: "تكمن الفكرة في أن ذلك يعكس بشكل أفضل الطريقة التي يُمارَس بها العلم". فالمعلومات الواردة من المختبرات الأخرى تعضِّد أو تتحدى الأبحاث المنشورة بشكل متزايد. وتضيف لورانس قائلة إنه بالإضافة إلى تحديث العمل المنشور، تسمح الأشكال البيانية الحية بتحديث المراجعات المنتظمة، بدلًا من نشرها من جديد في كل مرة. كما يُتوقع أن تساعد أيضًا على معالجة عدم القدرة على تكرار النتائج، لأنها توفر وسيلة للمختبرات؛ للإفصاح عن بيانات تأكيدية، قد يصعب التمكُّن من نشرها على حِدَة.

بإضافة بيانات إلى بحث شخص آخر، يتخلى العلماء ـ بطبيعة الحال ـ عن فرصة نشر ورقة علمية خاصة بهم؛ مما يمثل عقبة محتملة، نظرًا إلى أن النشر هو شريان الحياة للمكانة العلمية في الأوساط الأكاديمية، إلا أن جريج رومان ـ من جامعة هيوستن، تكساس، وهو أول مؤلف خارجي يضيف بيانات إلى ورقة بريمبس بعد نشرها ـ يقول إنه يقبل ذلك. ويضيف قائلًا: "إننا نضحِّي بقليل من الاعتراف"، ولكنها "وسيلة أكثر سهولة لحصول العلماء على الجواب، مما لو نشرنا على حِدَة".

«إنها وسيلة أكثر سهولة لحصول العلماء على الجواب».

مع ذلك.. فأسماء المساهمين الجدد تظهر في مفتاح الرموز على الشكل المحدَّث؛ كما تحصل كلٌّ من مجموعة البيانات المحدّثة والورقة المحدّثة على مُعرِّف وثيقة رقمية (DOI) خاص بها. وكبديل لذلك.. يمكن أن يختار المساهمون الجدد نشْر ورقة رسمية عن طريق تقديم ما تسميه دار نشر (F1000) "ملاحظة بيانية"، ترتبط إلكترونيًّا بالورقة الأصلية المحدّثة. وإذا كانت طرق المساهمين الجدد أو نتائجهم تختلف كثيرًا عن الورقة الأصلية، يمكنهم نشر "ملاحظة بحثية"، حسب قول لورانس. كما يمكنهم أيضًا أن يطلبوا أن يقوم صاحب العمل الأصلي بتحديث البحث. ويتم استعراض الورقة المحدّثة من قِبَل الأقران مرة أخرى.

تقول لورانس إن هناك مجموعات بحثية عديدة أبدت اهتمامًا بنشر الأشكال البيانية الحية. ويمكن أيضًا تطبيق هذا المفهوم مع السياسة التقليدية للمراجعة قبل النشر، وفقًا لقول بيتر بنفيلد، المؤسس المشارِك لدورية الوصول المفتوح *PeerJ*، الذي يضيف قائلًا: "طالما أن التاريخ الكامل للمقال متاح، والبيانات واضحة بشأن نُسَخ المقال التي تمت مراجعتها، وكيف تمت تلك المراجعة؛ سيكون من الممكن نشر التحديثات".

أما بالنسبة إلى عمل بريمبس، فيقول رومان إنه يبدو أن بياناته تدعم الاتجاه العام، لكن مع وجود اختلافات طفيفة بين الذبابات. ويمكن التوصل إلى حل للمعضلة فقط مع تطوُّر الشكل رقم (4). ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مهن علمية

الصحة العامة صناعة اللقاحات المزدهرة تمهِّد الطرق للعلماء؛ لنَشْر معارفهم خارج المختبرات. **ص. 91**

علوم البيانات ينتهي المطاف بحاملي الدكتوراة من أصحاب المهارات الكَمِّيَّة حاليًّا إلى وظائف في شركات التكنولوجيا. **ص. 93**


وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**


STUART KINLOUGH/GETTY

عمود

قواعد التواصل مع المؤسسات المانحة

توضح **إنجريد أيزنشتاتر** أنه لا بد من الالتزام بشروط ومتطلبات التقارير التي تضعها المؤسسات المقدِّمة للمِنَح.

عندما يتلقى باحث متقدِّم للحصول على إحدى المنح جائزةً في بداية حياته المهنية من مؤسسة خاصة، فإنه يدخل في مرحلة بالغة الأهمية من التواصل مع الجهة الراعية، قد تستغرق عامًا كاملًا على الأقل، وغالبًا أكثر. وتفرِض تلك المؤسسات شروطًا ومتطلبات صارمة للتقارير التي تُقدَّم إليها، مثلها في ذلك مثل معظم الجهات المقدِّمة للمنح، حيث يكون لزامًا على المستفيد من المنحة تقديم تقرير واحد على الأقل عن سير عمله البحثي. ويتوقف ذلك على طول مدة البحث، وما إذا كان المشروع البحثي قد شهد أي تغيير في اتجاهاته، أم لا.

على سبيل المثال.. ربما يحتاج الباحث الذي يحصل على منحة لمدة عام إلى تقديم تقرير عن سير العمل بعد ستة أشهر، وتقرير ختامي عند إتمام المشروع البحثي. ويمكن أن يكون التقرير المؤقت أكثر قليلًا من مجرد تحديث لسير العمل، في حين أن التقرير الختامي لا بد أن يكون شاملًا ومفصلًا. وربما تتطلب المنح التي تستغرق أعوامًا كثيرة تقديم تقرير واحد عند إتمام البحث، أو عدة تقارير سنوية متعاقبة. وتختلف المتطلبات والشروط باختلاف المؤسسة، فإذا تغيَّر بروتوكول البحث، أو اتضح أن العمل يتطلب مزيدًا من الوقت، ينبغي على الباحث طلب الموافقة من الجهة المقدِّمة للمنحة بمجرد حدوث تلك الظروف الجديدة.

يحتاج الباحثون المستفيدون من المِنَح التي تقدمها المؤسسات إلى الاطلاع على المتطلبات الخاصة بإعداد التقارير ذات الصلة بالمؤسسة المعنية، بما في ذلك صيغ التقارير، والمواعيد النهائية للتقديم، والمحتوى المتوقَّع فيها. وربما يَرِد توضيح لتلك المتطلبات في الخطاب التوضيحي الذي يتضمن إعلان المنحة، أو يمكن الاطلاع عليها من خلال الموقع الإلكتروني للمؤسسة. وإذا لم يفلح كلا الاختيارين في توضيح الأمور، فعلى المستفيدين من المنح استشارة الشخص المسؤول عن التواصل معهم في المؤسسة، إذا كان متاحًا لديهم ذلك الخيار، أو الشخص الذي قام بتوقيع الخطاب. وجدير بالذكر أن عدم اتباع التعليمات الإرشادية الخاصة بالمؤسسة المعنية (أو عدم الالتزام بالمواعيد النهائية المحددة) يمكن أن يعرِّض علاقة الباحث بالجهة المانحة للتمويل للخطر فيما يخص الخطط والمقترحات البحثية المستقبلية (انظر: «القواعد الذهبية لإعداد التقارير»).

خَطِّط طريقك

يجب على الباحث الذي يتلقَّى منحة بحثية أن يَعتبِر متطلبات إعداد التقارير التي تضعها الجهة المقدِّمة للمنحة بمثابة خريطة الطريق التي ترشده إلى كيفية كتابة التقارير المطلوبة منه. فقد تَفرِض مؤسسات على الباحثين استخدام نموذج مُعَدّ مسبقًا، أو ربما تتيح لهم استخدام الصيغ الخاصة بهم. فإذا لم تكن تَستخدِم نموذجًا جاهزًا؛ فعليك أن تحرص أشد الحرص على ألّا تقع في شرك «القص واللصق». فمِن واقع الخبرة التي اكتسبتها من عملي كمديرة للمِنَح في شركة عائلية أمريكية تعمل في مجال العلوم، أرى أن الباحثين الذين يحصلون على المنح التي نقدمها يُدمِجون أحيانًا أجزاء كبيرة من مقترحاتهم البحثية الأصلية في التقارير الختامية التي يقدمونها. ويساورني الشك في أن هؤلاء الباحثين يفعلون ذلك؛ لزيادة حجم التقرير، وجعْله يبدو أكثر اكتمالًا وشمولًا، ولكن ذلك الأمر لا يؤتي ثماره عادةً، فالموضوع يتحول إلى نوع من الفوضى، وعادة ما ينذر بمناقشة مختزلة للنتائج والمنجزات الفعلية. وبدلًا من ذلك.. ينبغي عليك تلخيص عملك في إيجاز، وتسليط الضوء على ما حققته من إنجازات في البداية، ثم يمكنك تقديم شرح وافٍ ومفصل لتلك الإنجازات في الصفحات التالية.

هناك طريقة حكيمة ومتزنة للسير قدمًا، تتلخص في ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

القواعد الذهبية لإعداد التقارير

ما الذي يجب على أصحاب المِنَح أن يفعلوه الآن؟

ربما تقدّم المؤسسات الخاصة مِنَحًا متكررة على مر السنين للباحثين الذين تبشِّر أعمالهم بمستقبل واعد. ولكي نُبْقِي على هذا الباب مفتوحًا، يجب على الباحثين الذين يحصلون على مِنَح أن يضعوا هذه التحذيرات والتنبيهات في أذهانهم عند كتابة تقارير سير العمل، الخاصة بهم.

تَذَكَّرْ..

- تحدَّثْ الإنجليزية البسيطة: بمعنى أن تتجنب اللغة التقنية الصعبة؛ فالمؤسسات الخاصة تحديدًا، ربما لا يتوفر لديها في مجالس إدارتها علماء أو متخصصون، وأنت ـ لا شك ـ تريدهم أن يفهموا ما قمتَ بإنجازه.
- استشِرْ آخرين: اطلب من زملائك أن يقرأوا التقارير؛ لفحص المحتوى، والعثور على الأخطاء، وتَقَبَّلْ ملاحظاتهم بشأن مدى قدرتك على التعبير عن أهمية بحثك، وما إذا كنتَ قد ألقيت الضوء بوضوح على أهمية النتائج التي توصلت إليها، أم لا.
- التداعيات المستقبلية: لا أحد يريد أن يموِّل عملًا سوف ينتهي به الأمر إلى أن يكون كَمًّا مهمَلًا على رفوف المكتبات. لذا.. عليك أن تشرح إلى أين يمكن أن تقود النتائج التي توصلتَ إليها بحوثك المستقبلية، أو بحوث الآخرين.
- عليك بمراعاة الصيغ والأشكال: فاستخدامك لرؤوس موضوعات وعناوين فرعية، يضمن الوضوح وسهولة التوجيه. لذا.. ينبغي عليك أن تُدْرِج في تقريرك جدولًا بالمحتويات، إذا كان التقرير المقدَّم طويلًا.

تَجَنَّبْ..

- التأخير: ضع تواريخ التسليم الخاصة بالتقارير المؤقتة والختامية في التقويم الخاص بك، بمجرد الحصول على المنحة، ثم أضف إلى ذلك التقويم رسالة تذكير قبل الوقت المحدَّد للتسليم بشهر، وقم بزيارة الموقع الإلكتروني للمؤسسة، للتأكد من أنها لم تغيِّر متطلبات وشروط إعداد التقارير الخاصة بها.
- الإبهام والغموض: لا تبدأ تقاريرك المؤقتة والختامية بإعادة صياغة مطوّلة للخلفية التي كانت مذكورة بالفعل في مقترحك البحثي. اجعل الجزء المتبقي من التقرير مُرَكَّزًا، ومباشرًا، ومرتبطًا بموضوع البحث، من أجل تجنب إخفاء منجزاتك الحقيقية، في الوقت الذي ينبغي عليك إلقاء الضوء عليها، وإبرازها.
- حذْف النتائج: اسرد بوضوح ما تعلّمْتَه من المشروع الذي أنجزته. وإذا كانت نتائجك مبهمة، أو ليست كما كنتَ تتوقع، فهذه ليست بجريمة، ولكنْ صَرِّح بذلك، وصِفْ ما يمكن أن تقوم به في المستقبل من أجل التوضيح. **إنجريد أيزنشتاتر**

◄ تناول كل قسم أو نقطة فرعية حسبما وردت في مقترحك البحثي. فإذا كان مقترحك البحثي يدرج بعض الخطوات أو المراحل، مثل «اختر مجموعة قوامها 40 مريضًا، وقم بجمع عيِّنات الدم أسبوعيًّا، ثم ضع ترتيبًا للفيروسات بالتسلسل»؛ فعليك تكرار رؤوس الموضوعات تلك في تقريرك، على أن تضع أسفل كلٍّ منها وصفًا لسير العمل.

وينبغي أن تختم تقريرك النهائي بالنتائج التي توصلت إليها، وتفريعاتها. وإذا كنتَ تأمل في التقدم للحصول على دعم مستقبلي، فيمكنك أن تضيف جزءًا بعنوان «الخطوات التالية».

الأمور تتبدّل!

تدرِك المؤسسات أنه ربما قد تظهر بعض المعوقات والعراقيل، مثل نقص الإمدادات والتجهيزات، أو تأخُّر تصاريح السفر أو العمل الميداني، أو انتقال أحد أعضاء الفريق إلى مكان آخر على غير المتوقع. عندما تحدث مثل هذه الأمور، ينبغي عليك فورًا إخطار الجهة المقدِّمة للمنحة، وطلب التمديد بدون تكلفة إضافية. وهذا طلب شائع ـ إلى حد ما ـ ولا يتطلب نفقات أو تكلفة إضافية من المؤسسة. ومن ثم، فعلى الأرجح لن تعترض المؤسسة على ذلك الطلب. وعلى مدار الخمسة والعشرين عامًا التي قضيتها في المؤسسة، لم يحدث مطلقًا أن رفضنا مثل هذا الطلب.

إذا اضطررتَ إلى تعديل بروتوكول بحثك الأصلي، فعليك إخطار المؤسسة. ومن غير المرجَّح أن يمثل هذا الطلب مشكلة، فلم يحدث مطلقًا أن رفضنا طلبًا بهذا النوع من التغيير. ونتوقع أن يكون الباحثون أكثر منّا علمًا بطرق التعامل مع نتيجة غير متوقعة، أسفر عنها اختبار معملي مثلًا.

عندما يحدث تغيير جوهري، يمكن أن يؤدي ذلك إلى مشكلة حقيقية. فإذا رأت المؤسسة أنك لم تعد تنفذ المشروع الذي تدعمه؛ فبإمكانها تعليق أو إلغاء المنحة الخاصة بك. وأتذكر أننا قد صادفتنا حالتان اثنتان فقط في المؤسسة التي أعمل بها، لم نتلق فيهما إخطارًا مسبقًا بإجراء تغيير جوهري في خطط البحث. في أولاهما لم يقم الباحث ـ الذي كان يدرس هجرة الحيوانات ـ بتنفيذ المهمة الأكثر أهمية بالنسبة لنا، ألا وهي فحص الأضرار الناتجة عن التفجيرات التي تحدث تحت المياه في عمليات استكشاف النفط. وفي الحالة الثانية، شَهِدَت تجربة تُجرى على الفئران تراجعًا في النتائج بدرجة جعلت من غير المأمول إطلاقًا أن تمضي التجربة قدمًا حتى تصل إلى مرحلة التجريب على البشر في المستقبل القريب. وقد اعتبرنا أن عدم قيام الباحثين بإخطارنا بمثل تلك التغييرات الجوهرية كان بمثابة تعبير عن التقاعس والإهمال في الإدارة الداخلية. ولذا.. لم نقم بتمويل أيٍّ من المنظمتين منذ ذلك الحين.

يُحتمل أن تتعرض أنت أيضًا للخطر ذاته، ولذا.. فقبل أن تطلب إجراء تغيير جوهري في بروتوكول البحث، أو تمويلًا إضافيًّا، عليك أن تسأل زملاءك عما إذا كان لديهم علم بكيفية تعامل المؤسسة مع تلك الظروف، أو اطلب النصح والمشورة من مُشْرِفك، أو من مكتب التطوير. وفي بعض الحالات النادرة، يمكن للمؤسسة الراعية لك أن تسد العجز في التمويل.

الاهتمام بالميزانية

تختلف مشاركة مكتب التطوير في المقترحات البحثية والتقارير الخاصة بالمِنَح، وتتنوع بشكل جوهري بين المؤسسات، ففي بعض المؤسسات تكون لموظفي التطوير علاقة محدودة بطلبات المنح أو التقارير، وفي البعض الآخر يتعاون هؤلاء الموظفون مع أعضاء فرق البحث في كتابة مقترحاتهم البحثية وتقارير المنح. فإذا وجدت نفسك تعتمد على هذه الفرق الأخرى، فقم بمراجعة عملهم بعناية وحرص. وعادةً، لا يكون الأشخاص الذين يقومون بهذا العمل علماء في مستوى الخريجين، ومن الممكن أن يرتكبوا أخطاء، أو يحذفوا معلومات ذات أهمية.

من المهم أن تعيد فحص التقارير الخاصة بمصروفاتك، في ضوء الميزانية التي قدَّمْتها في الأصل، وأن توضح العمليات التي قمتَ بها لإعادة التوزيع أو التخصيص ـ وهذا أمر من الأمور الشائعة ـ ولكنك لم تطلب الموافقة عليها مسبقًا. وإذا قمتَ بإعادة توزيع مبلغ صغير نسبيًّا، وليكن 500 دولار أمريكي، على سبيل المثال، أو حتى 1,000 دولار أمريكي في إطار ميزانية تقدر بـ25,000 دولار أمريكي، فإنك على الأرجح لا تحتاج إلى موافقة مسبقة. أما إذا لم تكن متأكدًا؛ فينبغي عليك التحقق من الأمر أولًا عن طريق الجهة المقدِّمة للمنحة.

منذ بضعة أعوام تلقّينا تقارير ختامية لدراستين عن الفيروسات، كنا قد قمنا بتمويلهما بشكل متزامن للجهة نفسها. ولم يكن الباحثون هناك قد قاموا بكتابة مقترحاتهم البحثية، أو التقارير الخاصة بمشروعاتهم، لكن مكتب التطوير هو الذي قام بذلك. ولم تكن الفرق البحثية قد وضعت الميزانيات الخاصة بها، ولكن المكتب المالي هو الذي قام بذلك. ويبدو أن أحدًا لم يضع في الاعتبار مطلقًا الميزانيات الأصلية عند صياغة التقارير الختامية للنفقات والمصروفات؛ ولذا.. لم يتفق أي بند من بنود الميزانية في كلا التقريرين مع التكلفة، أو المبلغ المخصص. وعندما قرأنا التقارير الختامية؛ لم نستطع أن نحدد كيف تم إنفاق الأموال التي خصَّصناها للمشروعين. ومن ثم، لم نقدم أي تمويل لتلك الجهة منذ ذلك الحين.

إذا تبقَّت لديك أي مبالغ مالية بسيطة عند إتمام مشروعك، اطلب من الجهة المانحة أن تأذن لك بالاحتفاظ بتلك الأموال، واشرح لها كيف ستنفق تلك المبالغ، ولكن لا تفترض أن بإمكانك أن تحتفظ بتلك الأموال. ومن بين الأمور التي لا تثير الدهشة أنه من غير المعتاد أن نرى تقارير ختامية تبين وجود أموال فائضة، بل نتلقى أحيانًا تقارير عن الميزانيات النهائية، تتفق حرفيًّا مع الميزانية الأصلية حتى آخِر دولار. ومثل هذا الالتزام الدقيق بالميزانية يتطلب تدخُّلًا من قوة خارقة أو وصفة سحرية، ولكنه أمر معتاد وشائع إلى حد ما. ونفترض أن هذا الأمر يشبه الواقع بشكل وثيق جدًّا.

تتزامن كتابة التقرير الختامي للمشروع البحثي مع الاستعدادات التي تُجرى لتقديم البحث للنشر. ومن حين إلى آخر، نعلم أن الباحثين الذين قدّمنا لهم الدعم قد نشروا المرحلة الأولى من أعمالهم البحثية بحلول الوقت الذي نتسلم فيه تقاريرهم الختامية.. فإذا كنتَ في هذه المرحلة؛ فلْتُدْرِج تلك المعلومات في تقريرك الختامي، ولتُرسِل ـ من قبيل حُسن التصرف واللياقة ـ روابط أو نُسَخًا من أعمالك المنشورة في المستقبل إلى الجهة المموِّلة عندما تخرج تلك الأعمال إلى النور. ولا شك أن الأعمال المنشورة في الدوريات المحكَّمة لها أهمية كبيرة لنا؛ ونراها بمثابة تأكيد على أهمية العمل.

أعمال خطرة

تتلقى ـ بين الحين والآخر ـ تقارير ختامية تطلب تمويلًا إضافيًّا في الوقت نفسه. ورغم أنه يمكن للباحثين أن يطلبوا الإذن بتقديم طلب للحصول على منحة لاحقة مع التقرير الختامي الذي يقدمونه، فإنهم أحيانًا يقومون بتضمين مقترح بحثي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

جديد. وهذا التعجُّل يحمل قدرًا من الخطورة، وإنْ كان أمرًا مفهومًا.. ففي حين تَعقِد مؤسسات خاصة اجتماعات شهرية، تكتفي مؤسسات أخرى باجتماعات نصف سنوية، أو حتى سنوية. وهكذا، فإن انتظار موعد التقديم الرسمي التالي يمكن أن يؤخر طلب المتابعة الخاص بك بدرجة كبيرة.

هل تريد أن تأخذ بزمام هذه المبادرة؟ إنه لخيار صعب في الحقيقة، فتقديم مقترح بحثي غير مطلوب ربما يُعَدّ أمرًا استباقيًّا بشكل مُبَالَغ فيه، أو قد تكون للمؤسسة سياسة تقوم على عدم تقديم منحة أخرى، حتى يتم نشر التقارير الختامية من الجولة السابقة، ومراجعتها (وهذه العملية قد تستغرق شهورًا). وإذا ساورتك أي شكوك.. فعليك بالاتصال بالمؤسسة الراعية لك.

أخيرًا، لا تغمر الجهة التي قَدَّمَت لك المنحة بسيل من الأسئلة والاستفسارات، ولكن ابحث أولًا ودائمًا عما تريده في الموقع الإلكتروني للمؤسسة. وطلب التوضيح من وقت إلى آخر سوف يقلل من قدر الخطر الذي يمكن أن تتعرض له، ويوفر وقت الباحث، ووقت الجهة المقدِّمة للمنحة على حد سواء. ■

إنجريد أيزنشتادتر المديرة المسؤولة عن المِنَح في «مؤسسة إيبلي للبحوث» في نيويورك.



STEVE PARSONS-WPA POOL/GETTY

أخصائي الصحة العالمية، أدريان هيل، يفحص لقاحًا مرشَّحًا لمرض الإيبولا، في تجربة إكلينيكية غير مسبوقة.

الصحة العامة

الجهود العلمية المبذولة في صناعة اللقاحات

صناعة اللقاحات المزدهرة تمهد الطرق للعلماء نحو نشر معارفهم خارج المختبرات.

برين نيلسون

في شهر أغسطس من عام 2014، أجرى مسؤولون بمنظمة الصحة العالمية اتصالًا هاتفيًّا بأخصائي الصحة العالمية، أدريان هيل، الذي يشغل منصب مدير أحد المراكز غير الربحية لبحوث اللقاحات. وكان يلح على أذهان هؤلاء المسؤولين سؤال عاجل: ما هو أقرب وقت يمكن أن يدشِّن المركز فيه تجربة إكلينيكية على لقاح للإيبولا؟

يقول هيل، الذي يعمل في معهد جينر في أكسفورد بالمملكة المتحدة: «لم يكونوا يتحدثون عن أشهُر، بل كانوا يتحدثون عن أسابيع، إنْ لم تكن أيامًا». ويُعَدّ معهد جينر بمثابة مشاركة غير ربحية بين جامعة أكسفورد، ومعهد بربرايت المختص بالصحة الحيوانية في ووكينج بالمملكة المتحدة. ويقوم المعهد ـ في الوقت الراهن ـ بتنفيذ برامج لبحوث اللقاحات؛ تستهدف ما يقرب من 20 مرضًا من الأمراض البشرية والبيطرية، ولكن ليس من بينها الإيبولا.

مع ذلك.. ففي غضون شهر من الاتصال الهاتفي بأدريان هيل، دشَّن المعهد مبادرة لبحوث الإيبولا. وبعد ذلك بستة أشهر، كان المعهد يقوم باختبار اللقاحات المرشحة، بما في ذلك لقاح وَصَلَ إلى المرحلة الثالثة من تجربة إكلينيكية تُجرى على 27,000 شخص في ليبيريا.

وتؤكد سرعة تنفيذ هذا البرنامج ما يتميز به عِلْم اللقاحات من سرعة في الإيقاع، وخفة في الحركة، مما يؤكد التناقض الشديد بينه وبين المباحث والتخصصات الأخرى التي يمكن أن تستغرق عقودًا طويلة في جمع النتائج، وابتكار تطبيقات عملية. ورغم أن الأولويات يمكن أن تتغير بشكل سريع، فإن الطبيعة المُلِحّة لتفشِّي مرض ما تعني أن الباحثين يمكن أن يروا أفكارهم تدخل طور التنفيذ على وجه السرعة؛ من أجل التصدي له. ويقول هيل عن ذلك: «لا توجد مجالات كثيرة تتميز بإيقاع عمل سريع مثل عِلْم اللقاحات، فالخريج يطأ بقدميه أرض المختبر، ويبدأ في إتمام دراسته لمدة أربع سنوات، ثم يتخرج ليجد شيئًا صنعه بيديه على طاولة المختبر، وقد صار يُستخدَم بالفعل في تطعيم الناس، في تجربة إكلينيكية، كان هو جزءًا منها».

ولا يحتاج العلماء الذين يستهلّون حياتهم المهنية وعيونهم تنظر في اتجاه عِلْم اللقاحات إلى الحصول على درجة الدكتوراة بالضرورة. ونظرًا إلى أن المجال موجَّه نحو ترجمة البحوث النظرية إلى ممارسات عملية (انظر: «حملات التطعيم يجب أن تزرع الثقة أولًا»)، يُقدِّر الكثير من أصحاب العمل الخبرة المعملية التطبيقية التي تضم إلى جانبها العقلية ذات النزعة الإنسانية، وتجدهم على استعداد لتوفير فرص للتدريب أثناء العمل للمرشَّحين الواعدين للوظائف.

يتطلب نقل اللقاح من المختبَر إلى العيادة نهجًا يشمل مجالات عديدة، تبدأ بالأحياء المجهرية، وتنتهي بالهندسة الكيميائية. يقول هيل في هذا الصدد: «أحد الأمور التي تجذب شابًّا يدخل هذا المجال أنه مجال متنوع.. فيمكنك أن تسلك اتجاهات متعددة». فالفرص تتوافر عبر شتى أنحاء الصناعة، والقطاع غير الربحي، والمجال الأكاديمي.

عدوى التطعيمات

شهدت السوق العالمية للقاحات ازدهارًا ونموًا كبيرًا في العقدين الماضيين. ففي الفترة ما بين عامي 2000 و2013 ارتفعت القيمة السوقية للقاحات ارتفاعًا كبيرًا من 5 مليارات دولار أمريكي إلى ما يقرب من 24 مليار دولار أمريكي. ومن المتوقع أن تزداد هذه القيمة بمعدل أربعة أضعاف بحلول عام 2025. وتسعى مجموعات الشركات حول العالم إلى ابتكار لقاحات فعالة لعشرات الأمراض، وتحديدًا ما يُطلق عليها «الثلاثة الكبار» وهي فيروس نقص المناعة البشرية، والملاريا، والسل.

وفي عام 2000، بدأت مؤسسة «بيل وميليندا جيتس» في سياتل بواشنطن في إغداق الأموال على تطوير اللقاحات، وتوزيعها على الدول المحرومة اقتصاديًّا. وبعد أحداث سبتمبر 2001، بدأت الولايات المتحدة وغيرها من الحكومات تضع على رأس قائمة أولوياتها بحوث اللقاحات للأمراض التي يمكن استخدامها في الإرهاب البيولوجي. وأسهمت منظمة الصحة العالمية ـ وغيرها من منظمات المعونة الأخرى ـ في إبراز ضرورة مكافحة الأمراض في الدول النامية، مثل مرض الإيبولا، المنتشر حاليًّا في غرب أفريقيا.

وقد زاد حجم شركة «نوفافاكس» ـ التي تعمل في مجال بحوث وتطوير اللقاحات في جايثرسبيرج بولاية ميريلاند ـ بمعدل يزيد على ثلاثة أضعاف على مدار السنوات الأربع الماضية إلى ما يقرب من 300 موظف. تقول كريستي ماكدويل-باترسون، مدير تطوير العمليات الإنتاجية بالشركة: «إن حركة التوظيف في نوفافاكس تنمو بسرعة فائقة». فالقسم الذي تديره باترسون، ويضم مزيجًا من المهندسين الكيميائيين والعلماء المتخصصين في بيولوجيا الخلايا، وغيرهم من العلماء، يتولى إدارة خطوط ومعدات الخلايا المستخدَمة في ابتكار اللقاحات ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المرشحة للشركة، بما فيها اللقاحات المرشحة للإيبولا، والإنفلونزا، والفيروس المخلوي التنفسي.

تقوم «نوفافاكس» أيضًا بتوظيف مجموعات من المتدربين في الصيف، الذين عادةً ما يكونون من طلاب الجامعات أو الخريجين الجدد الحاصلين على درجة البكالوريوس. وتقول ماكدويل-باترسون عن ذلك: «إذا أعجبتنا معرفتهم العلمية؛ فإننا نحاول إيجاد طريقة لاستبقائهم في الشركة». وتتيح «نوفافاكس» ـ مثلها في ذلك مثل شركات وهيئات أخرى، كـ«سانوفي»، و«نوفارتيس»، والمبادرة الدولية للقاح فيروس نقص المناعة البشرية ـ إمكانية دفع المصروفات الدراسية لدعم الدراسات العليا للنابغين من العلماء الشباب، الذين يبشِّرون بمستقبل واعد.

بغض النظر عن المزايا الوظيفية التي تقدمها «نوفافاكس»، والتي تتراوح ما بين حصص اليوجا، وإقامة دوري للعبة البولينج لموظفيها، فإن أكثر ما استحوذ على اهتمام الكيميائية ناتالي توموسون كان وسائل الإنتاج الخاصة بالشركة، حيث تستخدم جسيمات، وجسيمات نانوية شبيهة بالفيروسات، تتكون من بروتينات مهجَّنة. وقد التحقت ناتالي بالشركة في مارس 2004، بعد إتمام رسالة الدكتوراة الخاصة بها في الكيمياء التحليلية، وبعدما قضت ثلاثة أعوام في إعداد بحوث ما بعد الدكتوراة، استخدمت خلالها تقنية الضوء الطيفي الكتلي؛ لدراسة الأجسام المضادة وحيدة النسيلة.

وفي «نوفافاكس» تَستخدِم ناتالي مناهج تحليلية، مثل استشراب السائل، وتقنية الضوء الطيفي الكتلي؛ لتحديد مكونات منتجات الشركة من اللقاحات، وتقرير مدى جودتها. وتقول عن ذلك: «أكثر ما يمتعني في العمل في هذه الصناعة أن الغاية النهائية محددة بالفعل». كذلك تحب ناتالي إيقاع العمل السريع، وروح التعاون التي تميز العلاقة بين فرقاء العمل».

علاقة تكافلية

قامت مؤسسات وهيئات كثيرة عاملة في مجال تطوير اللقاحات بإنشاء بعض المحال بالقرب من الجامعات؛ لاستغلال الخبرات الأكاديمية المحلية، مما يعني أن الفرص المتاحة لعلماء اللقاحات الصاعدين غالبًا ما تكون على مقربة منهم. ويقوم جيرالد ستروهماير ـ الرئيس العالمي لقسم العلاقات الصناعية ومالية الشركات في شركة «فالنيفا» للتكنولوجيا الحيوية ـ بشكل منتظم باستقطاب المواهب من جامعة فيينا، التي تقع بها المنشأة البحثية الرئيسة للشركة. ويقول: «ليس لدينا قسم كبير لاستكشاف المواهب والبحث عنها عبر أنحاء العالم، ولكننا نبذل كل ما في وسعنا مع الطلاب». ورغم أن شركة «فالنيفا» تقوم فقط بتوظيف بعض باحثي ما بعد الدكتوراة ما بين الحين والحين، فإن العلماء الذين يحصلون على وظيفة لديها تنتظرهم فرص وظيفية ممتازة، حيث تصل نسبة مَن يحصلون على وظائف دائمة ومستقرة في الشركة إلى 80%.

وفي حين أن شركات المستحضرات الصيدلانية وشركات التكنولوجيا الحيوية تركز على اللقاحات الأكثر قابلية للتسويق، فإن معاهد غير ربحية كثيرة تبحث حاليًّا في اللقاحات التي تكون لها قيمة أقل من الناحية التجارية. وبالطبع تقل الرواتب في تلك المعاهد بشكل عام عن مثيلاتها في وظائف القطاع الجامعي، أو الصناعي، ولكنّ العاملين بها يملكون بالفعل إمكانية أن يُحدِثوا فارقًا من الناحية الإنسانية في الدول النامية.

على سبيل المثال.. يُعَدّ المعهد الدولي للقاحات بمثابة هيئة مستقلة في جامعة سيول الوطنية في كوريا الجنوبية، ويتولى ابتكار وتقديم اللقاحات الخاصة بالأمراض المعدية التي لا تحظى بالاهتمام. ومن بين أنجح التطورات التي حققها

ما قبل التطعيم!

إنّ حملات التطعيم لا بد أن تَزرع الثقة أولًا!



المشاركات المعقودة مع المراكز الصحية في الدول النامية تساعد على تطعيم أطفال السكان المحليين.

تُعَدّ مسألة التردد في أَخْذ اللقاحات ـ بمعنى الإحجام عن تلقِّي التطعيمات، أو المشاركة فيها ـ من بين الأمور الشائعة والمستمرة. ففي شمال الهند، وجد أفراد إحدى حملات التطعيم ضد مرض شلل الأطفال أنفسهم مطالَبين بالعمل على تبديد الشائعات التي رَوَّجها البعض بخصوص الآثار الجانبية المحتملة للقاح. وقد انتشرت تلك الشائعات على أيدي الآباء الذين اعترضوا على قيام الغرباء بتطعيم أبنائهم. ومن ناحية أخرى.. قام الزعماء الدينيون في كينيا ـ الذين لم تتم استشارتهم قبل تدشين مبادرة للتطعيم بلقاح التيتانوس ـ بإحياء شائعة عمرها 20 عامًا، تزعم أن اللقاح يؤدي إلى إصابة الأطفال بالعقم.

وقد رأت هايدي لارسن صورًا لا حصر لها من تلك الأمور مع اختلاف الشكل، بل إنها اعتادت التعامل مع تلك المسائل أثناء عملها في منظمة الأمم المتحدة للطفولة (اليونيسيف) في نيويورك، إلى الحد الذي جعلها معروفة باسم (مدير قسم إطفاء الحرائق باليونيسيف). فقد أرسلتها المنظمة إلى شتى أنحاء العالم؛ لإطفاء الحرائق الناتجة عن مناخ عدم الثقة والشك والارتياب، الذي غالبًا ما يعرقل عملية توصيل اللقاحات المطلوبة بشدة، وقبولها من جانب الأهالي.

وبما أن لارسن متخصصة في عِلْم الأنثروبولوجيا، بحُكْم تدريبها وخبرتها، فقد كانت تعمل بشكل موسع على تناول المسائل الخاصة بفيروس نقص المناعة البشرية، التي تخص المراهقين في نيبال ومنطقة جنوب المحيط الهادئ. وتقول لارسن: «كنت في حقيقة الأمر أعتقد أن الانتقال من تناول المسائل الخاصة بمرض فيروس نقص المناعة البشرية إلى مجال اللقاحات سوف يكون تغييرًا يفتقر إلى الإثارة نوعًا ما، ولكن لفرط دهشتي، وجدت أن مسألة إدخال أو استحداث لقاحات جديدة من الأمور الحافلة بالتحديات الوجدانية والسياسية، بدرجة أكبر مما كنت أتخيل على الإطلاق».

وبحكم أن لارسن تشغل منصب (مدير مشروع الثقة في اللقاحات) في كلية لندن للصحة والطب الاستوائي، فإنها تقوم في الوقت الراهن بوضع خريطة للتحديات الاجتماعية والثقافية والسياسية التي تواجه الجهود الخاصة باللقاحات في شتى أنحاء العالم، بدايةً من شمال نيجيريا، حتى جنوب كاليفورنيا.

غالبًا ما يتم تجاهل المهارات الخاصة بإدخال اللقاحات وإدارة المخاطر والاتصال، ولكن هناك منظمات ـ مثل منظمة اليونيسيف، ومنظمة الصحة العالمية ـ صارت تعترف بقيمة تلك المهارات بشكل متزايد. ونتيجةً لذلك.. بدأت تظهر فرص عمل للمُحاوِرين المتميزين، الذين يملكون الرغبة في الجمع ما بين العلوم والخدمة العامة، بمساعدة فرق التطعيم في أن تحظى بدعم المجتمعات المحلية. تقول لارسن عن ذلك: «صارت هناك أعداد أكبر من الأشخاص الذين يتواصلون معي؛ بهدف إتمام رسائل الماجستير والدكتوراة الخاصة بهم مع فريقنا. وفي الوقت نفسه، أحتاج أنا بشكل متزايد إلى هذا النوع من العمل». وهناك منظمات تحتاج بشدة إلى المساعدة، لدرجة جعلت لارسن تعمل حاليًّا على إقامة دورة تدريبية، يمكن خوضها والانتهاء منها بصورة أسرع من الانتظار حتى إتمام الماجستير أو الدكتوراة.

يمكن للعلماء أيضًا تنفيذ برامج للدراسات العليا في النواحي الإعلامية الخاصة بالصحة العامة. وقد قام الائتلاف الوطني لمعلومات الصحة العامة بالولايات المتحدة، والشبكة الافتراضية للإعلام عن التطعيمات والتحصينات بتجميع الأدوات وخيارات التدريب.

وتقود لارسن جهود الاتصال والاستعداد لإجراء تجربة متعلقة بلقاح الإيبولا، سوف تتضمن جرعة مبدئية، عن طريق الحقن، ومتابعة لذلك الأمر. وتقوم لارسن وزملاؤها بإشراك قادة المجتمع المحلي في السعي نحو وضع إجراءات مقبولة.. بدايةً من كيفية طلب الموافقة المستنيرة من أفراد المجتمع المحلي، إلى كيفية توزيع وإعطاء جرعات اللقاح.

جدير بالذكر أنه يمكن لسوء تفاهم بسيط ومحدود أن يؤدي إلى عواقب وخيمة، حيث يروي رئيس أحد برامج اللقاحات كيف أن جَهْل فريق التطعيمات بعادةٍ محلية ـ تتمثل في استخدام ألقاب التعظيم عند مخاطبة الزعماء الدينيين وكبار السن، دليلًا على إظهار الاحترام ـ أدَّى إلى تأخير الحصول على الموافقة اللازمة لإجراء حملة جماعية للتطعيم ضد مرض التيفود في جنوب آسيا لمدة عام كامل. وعندما قام أحد الزملاء بتدارك هذا الخطأ غير المقصود، وتصويبه؛ تم الحصول على الموافقة في بضعة أسابيع.

وفي تجربة لأحد اللقاحات في جامبيا، قام واحد من الخريجين في فريق لارسن بتعديل عملية الموافقة المستنيرة؛ لكي تتفق مع التقاليد الشفهية لأفراد المجتمع المحلي، من خلال إحلال فيديو تفاعلي باللغة المحلية محل المستندات الخطيّة. وقد أسهَم هذا النهج في تعزيز الفهم والحفظ، خاصةً لدى الأشخاص الذين لا يجيدون القراءة والكتابة بدرجة كبيرة.

يقول بيتر جيه هوتيز، رئيس معهد سابين للقاحات، ومركز تطوير اللقاحات بمستشفى تكساس للأطفال في هيوستن: «هناك قدر كبير من الجهد العلمي الحقيقي، يكمن وراء أي لقاح جديد تقدمه، فالأمر لا يحدث هكذا بمحض الصدفة». وبعيدًا عن بناء المشاركات، فإن الأمر يتطلب أيضًا المشاركة في حوار عام.

على الرغم من ندرة البرامج الرسمية التي تركز على إيصال اللقاح ونشره، فإن هوتيز وغيره من الباحثين يقولون إن أولئك الذين يمتلكون المهارات والدبلوماسية يمكن أن يمثِّلوا كنوزًا بالغة الأهمية؛ لضمان ألّا يخفق أي مشروع لتطوير اللقاحات في الوصول إلى أهدافه. **برين نيلسون**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المعهد.. لقاح منخفض التكلفة لمرض الكوليرا، يؤخذ عن طريق الفم، ولكن ذلك اللقاح يتطلب أَخْذ جرعتين، تفصل بينهما فترة أسبوعين. ويعكف باحثو المعهد الدولي للقاحات حاليًّا على تحليل البيانات الواردة من تجربة إكلينيكية أجريت على 200 ألف شخص في بنجلاديش؛ لقياس مدى فاعلية نسخة من اللقاح المذكور، تتضمن جرعة واحدة، وذلك لتحسين مدى الاستجابة. وحسبما صرَّح به سوشانت ساهاسترابودي، وهو طبيب يتولى رئاسة برنامج الأمراض المعوية وأمراض الإسهال بالمعهد، فإن المعهد يحرص دائمًا على البحث عن المواهب في مجال البحوث. ويبلغ عدد أفراد فريق العمل البحثي الدولي في المعهد حوالي 50 عالِمًا، منهم باحثون حاصلون على الدكتوراة، وآخرون حاصلون على الدكتوراة في العلوم الطبية، ومنهم حاصلون على درجة الماجستير.

إن تكوين المشاركات بين المنظمات غير الربحية والدول النامية يؤدي أيضًا في الوقت الراهن إلى خَلْق فرص عمل. فمعهد بحوث الأمراض المعدية في سياتل بواشنطن يقوم بتوظيف 125 شخصًا، ويتعاون معه ما يقرب من مئة متعاون من شتى أنحاء العالم. وقد ساعد المعهد على إنشاء مراكز إعداد اللقاحات في جنوب أفريقيا والهند. ويمكن أن يؤدي تصنيع اللقاحات على المستوى المحلي ـ بدلًا من استيرادها ـ إلى تقليل التكلفة، وكذلك الحدّ من مشكلة عدم الثقة في المنتج، حسب ما يذكره ستيفن ريد، مؤسِّس معهد بحوث الأمراض المعدية.

إن تعزيز البِنْيَة التحتية للصحة العامة في المناطق النامية قد صار من الضرورات المهمة بشكل متزايد. ويقول بيتر جيه هوتيز، رئيس معهد سابين للقاحات، ومركز تطوير اللقاحات بمستشفى تكساس للأطفال في هيوستن، وكلاهما من المؤسسات غير الربحية: «إن القدرة على تطوير اللقاحات في مناطق معينة ـ مثل الشرق الأوسط، وشمال أفريقيا، ومناطق جنوب الصحراء الأفريقية ـ ضئيلة للغاية، بل تكاد تصل إلى الصفر. ومع ذلك.. فإن تلك المناطق تمثل على الأرجح الأماكن التي سنشهد فيها ظهور الجيل القادم من الأوبئة الكارثية». وقد عيَّنت وزارة الخارجية الأمريكية هوتيز مبعوثًا علميًّا للولايات المتحدة، وهذا المنصب صُمِّم خصيصًا من أجل المساعدة في تعزيز المشارَكات الدولية. وفيما يخص مشروعه، فإن هوتيز يضغط من أجل توسيع نطاق البِنْيَة التحتية للقاحات في أفريقيا والشرق الأوسط، من خلال التركيز على دول معينة ـ مثل المملكة العربية السعودية، والمغرب ـ لديها ثقافة علمية راسخة، وعلماء من حملة الدكتوراة. وإذا نجح هوتيز في مسعاه، فإن البرامج التي تزيد من إنتاج اللقاحات في تلك المناطق يمكن أن تؤدي إلى خلق مزيد من الوظائف للعلماء المحليين، وكذلك للمستشارين الدوليين.

ويرى هوتيز أن عِلْم اللقاحات يوفر «الملتقى المثالي» الذي يجمع ما بين القيم الإنسانية، والعلوم الطبية الحيوية والاجتماعية. ووفقًا لما يشهد به الرجل، فإن العمل نادرًا ما يكون رتيبًا أو مملًّا. ويقول إنّ فترة الأشهر الستة الماضية تحديدًا كانت «محفِّزة ومليئة بالحيوية والنشاط»، حيث كان مسؤولو مكتب رئيس الوزراء البريطاني، وغيرهم من كبار المسؤولين الحكوميين يتواصلون معه بشكل دوري؛ من أجل الاستفسار عن تجارب الإيبولا. ويقول هوتيز عن ذلك: «لا شك أن الذهاب إلى كبار المسؤولين الحكوميين وأنت تحمل بين يديك شيئًا كنتَ تُجْري عليه اختباراتك أو تجاربك بالأمس لهُوَ أمر في غاية الإثارة». ■

برين نيلسون كاتب حر، يعيش في مدينة سياتل بواشنطن.

علوم البيانات

فتنـــــة الصنـــــاعـــة

ينتهي المطاف بحاملي درجة الدكتوراة من أصحاب المهارات الكَمِّيَّة حاليًّا إلى وظائف في شركات التكنولوجيا.

مونيا بيكر

كان إيلي بريسرت يخطط لاستغلال وظيفته الأكاديمية في البحث عن كيفية تكوين النجوم، فقد كان إيلي حاصلًا على درجة الدكتوراة في عِلْم الفَلَك من جامعة إكستر بالمملكة المتحدة، ثم فاز بمنحة مرموقة لزمالة ما بعد الدكتوراة؛ لدراسة عِلْم الفَلَك الراديوي بالقرب من سيدني بأستراليا. كانت الاستشهادات من أوراقه البحثية، والدعوات التي يتلقّاها ـ إمّا بهدف التعاون معه، أو استضافته للحديث في المؤتمرات ـ في ازدياد مستمر. باختصار.. لم يكن هناك سبب يدعوه إلى أن يرغب في العمل خارج نطاق عِلْم الفَلَك.

بعد عام من العمل في بحوث ما بعد الدكتوراة في 2012، بدأ الواقع الكئيب لسوق العمل في المجال الأكاديمي يجعله يشعر بالعصبية والتوتر. ويتذكر بريسرت تلك الفترة بقوله: «جلستُ مع نفسي، وأخذتُ في حساب الاحتمالات التي تنتظرني. تُرى، ما هي فرصتي في الالتحاق بمؤسسة بحثية متميزة في مكان تشعر فيه عائلتي بالسعادة؟» كان بريسرت قد انتقل بالفعل هو وزوجته وطفله الذي يبلغ من العمر عامًا واحدًا إلى أستراليا، على مسافة تقرب من 16 ألف كيلومتر؛ لأجل بحث ما بعد الدكتوراة الذي كان يجريه، ولكن لم تَرُق للرجل فكرة السفر، والانتقال عبر أنحاء العالم في مقابل راتب قليل، واستقرار محدود. ورغم ذلك.. كان البحث الذي يعمل فيه يسير على ما يرام؛ ومن ثم، قرر الاستمرار ومواصلة العمل.

في العام نفسه، نشر بريسرت وزميل له كتابًا مختصَرًا عن البرمجة العِلْمية، وتمّ تعيينه في وظيفة (مرشد أكاديمي) لشركة مبتدئة كانت تقوم بصناعة البرمجيات؛ لمساعدة الباحثين المتعاونين على التأليف المشترك للأوراق البحثية. وقد انجذب بريسرت إلى روح الهمة والنشاط السائدة في تلك الشركة المبتدئة. وعندما سمع بمنحة زمالة لإعداد العلماء للحصول على وظائف ◄

في قطاع التكنولوجيا في وادي السيليكون؛ قدَّم طلبًا للحصول على تلك المنحة؛ وتم قبوله.

انتقل بريسرت وعائلته من جديد، ولكن في هذه المرة على بعد 12 ألف كيلومتر إلى بالو ألتو بولاية كاليفورنيا. وحاليًّا، يعمل بريسرت رئيسًا لمختبَرات البيانات في شركة «ستيتش فيكس» Stitch Fix، وهي شركة في سان فرانسيسكو بولاية كاليفورنيا، تعمل في مجال تصميم الخوارزميّات التنبؤية، التي تساعد العملاء على اختيار الملابس. ويقول إنه يحب عمله في تقييم المناهج الحاسوبية إلى حد ما، لأنه يتيح له حرية التفكير والابتكار بدرجة أكبر مما كان متاحًا له في الحياة الأكاديمية.

لا يُعَدّ بريسرت حالة شاذة، أو خارجة عن المألوف؛ فشركته توظِّف 20 شخصًا من حملة الدكتوراة في تخصصات متنوعة، تشمل عِلْم الفَلَك، وعِلْم الأعصاب، والهندسة الكهربائية. وحسب ما يقوله إريك كولسن، مدير بريسرت، فإن الميزة الكبرى لهؤلاء الأشخاص تتمثل في دقة التفكير، التي يتمتعون بها. فالتدريب الذي يتلقونه أثناء إعداد الدكتوراة يعني تعلُّم صياغة الأسئلة، واختبار الفروض، وتقييم ما إذا كان يمكن الوثوق في حلٍّ ما. ويقول كولسن إنه عند التطرق إلى وضع نماذج للبيانات، فإن تلك الصفات تجعل من حملة الدكتوراة أكثر تشككًا من معظم الناس. ويضيف: «إذا كانت النتيجة رائعة في المحاولة الأولى، فإن رد الفعل الأول لحامل الدكتوراة سيتطرق إلى فكرة أن تلك النتيجة رائعة بدرجة تجعلها غير قابلة للتصديق. ويمتلك حملة الدكتوراة صبرًا، وأسلوبًا مميزًا في وضع إطار للمشكلات، لا يمتلكهما الحاصلون على ماجستير إدارة الأعمال». ويمثل حملة الدكتوراة العاملون في «ستيتش فيكس» مجموعة واحدة فحسب من بين الكثير من شباب العلماء، وبشكل أساسي في الولايات المتحدة، الذين تركوا مستنقع العمل الأكاديمي؛ للالتحاق بوظائف في مجال علوم البيانات الصناعية.



مجموعة من المتدربين يحضرون إحدى ورشات العمل، في إطار برنامج «من العلوم إلى علوم البيانات» في لندن.

PIVIGO ACADEMY

قُمْ بخطوة الانتقال

يتمتع علماء الرياضيات وعلماء الكمبيوتر بتمثيل جيد في مجال علوم البيانات، ولكن الذكاء الحاسوبي ومهارات الاتصال أكثر أهمية من التخصص العلمي. فالباحثون الجدد في بداية حياتهم المهنية، الذين يأملون في الانتقال إلى ذلك المجال، ينبغي عليهم إظهار أنه يمكنهم استخلاص نماذج وأنماط من البيانات غير المرتبة، ووضع تلك النماذج والأنماط في سياق أهداف تجارية محددة.

يقول مايكل لي، المؤسس المشارِك لدورة «حاضنة البيانات» The Data Incubator، وهي دورة تدريبية تُعقد في نيويورك وواشنطن دي سي، وتتولى تأهيل الخريجين؛ للحصول على وظائف في مجال علوم البيانات: «من المهم تذكُّر أن الصناعة لا تعطي قيمة كبيرة لوجهات النظر، وإنما تقدِّر التحليلات التي تكون قابلة للتطبيق». ووفقًا لما قاله جيك كلامكا، الذي أَسَّس برنامجًا تدريبيًّا مشابهًا باسم «إنسايت» Insight لعلوم البيانات في بالو ألتو، فإن الأكاديميين يضيعون الفرص التي تسنح لهم، بسبب عدم عِلْمهم ببواطن الصناعة وظواهرها. وخلافًا لذلك.. فمن الممكن عدم توظيف المرشحين المؤهلين، ونَعْتهم بالجهل، نتيجة لاستخدامهم الكلمة الخاطئة، مثل المصطلح الأكاديمي «دراسة»، بدلًا من المصطلح المستخدَم في المجال الصناعي «تجربة»، أو «اختبار أ/ب».

وقد وجد كلامكا أنّ من الصعب اقتحام دنيا الصناعة، ولذا.. انسحب من برنامج الدكتوراة الخاص به في دراسة فيزياء الجسيمات بجامعة تورونتو في كندا في عام 2010، وبدأ في تطوير أدوات تقنية في مطبخه. ورغم أنه كان يمتلك الخبرة، فإنه كان يفتقر إلى المعرفة بالصناعة. وكما يقول: «لقد نجحتُ في الوصول إلى نسبة 99.5% من المهارات المطلوبة، لكنني كنتُ في حاجة إلى التوجيه والإرشاد». وبعد عام مليء بالإحباطات، تَوَجَّه كلامكا إلى وادي السليكون، حيث التقى بمهندسي البرمجيات وروّاد الأعمال في ذلك المجال الذين وضعوه على أول الطريق السليم. وبفضل المساندة التي تلقّاها كلامكا جزئيًّا من حاضنة البيانات المبتدئة المعروفة باسم «واي كومبيناتور»

تَعَلَّمْ أين تضع قدميك

اعثر على دورة علوم البيانات التي تناسبك

هناك كثيرون ممن يخطِّطون للانتقال إلى القطاع الصناعي يستغلون وقتهم في المؤسسات البحثية في صَقْل مواهبهم، واستكشاف خياراتهم. وينصح إيلي بريسرت ـ رئيس مختبرات البيانات في شركة «ستيتش فيكس» في سان فرانسيسكو بولاية كاليفورنيا ـ بتعلُّم أدوات البرمجة المفضلة في الصناعة، مثل «بايثون» Python، و«آر» R.

أمّا مَن يحتاجون إلى تعزيز وتحسين مهاراتهم البرمجية، فإن البرامج من نوع «داتا كاربنتري» Data Carpentry، و«سوفتوير كاربنتري» Software Carpentry تنظم دورات مدتها يومان، وتطوف بها على مقارّ الأحرام الجامعية عبر دول العالم.

وقد شارك جلين وونج ـ نائب رئيس شركة الأمن السِّيبري «ريكورديد فيوتشر» في سومرفيل بولاية ماساتشوستس ـ في حلقات دراسية في كلية إدارة الأعمال بجامعة هارفارد، عندما كان طالبًا للدكتوراة في تخصص الفيزياء بجامعة هارفارد في كامبريدج بولاية ماساتشوستس. وقد ساعدته تلك الحلقات الدراسية لاحقًا في عبور المقابلات الشخصية في شركات الاستشارات الإدارية.

عندما كانت جوي ثاراثورن ريمتشالا ـ التي تعمل حاليًّا عالمة بيانات في شركة البرمجيات المالية «إنتويت» Intuit في ماونتن فيو بولاية كاليفورنيا ـ تُجْري بحوث ما بعد الدكتوراة في تخصص عِلْم الأحياء التخليقي في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كامبريدج، سيطرت عليها حالة من التردد بشأن التخلّي عن وظيفتها الأكاديمية، إلى أن بدأت العمل في تدقيق دورة دراسية لعلوم الكمبيوتر. تقول ريمتشالا عن ذلك: «في ذلك الوقت، أحسستُ أن علوم البيانات مجال مثير وجذاب، فعلى الأقل كان مثيرًا بالدرجة نفسها التي كانت عليها رسالتي للدكتوراة».

وقد انتقلت ريمتشالا وبريسرت إلى مجال الصناعة، من خلال برنامج «إنسايت» لعلوم البيانات في بالو ألتو بولاية كاليفورنيا. (افتُتح في العام الماضي برنامج موازٍ في نيويورك، وسوف يتم إطلاق برنامج ثالث في بوسطن في يوليو المقبل). ويعمل الأشخاص الذين يحضرون تلك الدورات في فرق عمل؛ لتطوير تطبيقات الويب التي تعمل من خلال البيانات، كما يلتقون أيضًا بعلماء البيانات في شركات التقنية. جدير بالذكر أن الدورة مجانية، حيث تتولى شركات التقنية دفع تكلفتها، بمعنى أنها تدفع لتوظيف الأشخاص.

وقد أطلقت مبادرة شبيهة باسم «من العلوم إلى علوم البيانات» Science to Data Science في لندن، وتتيح ورشة عمل مدتها 5 أسابيع لعدد يقرب من 85 طالبًا، يدفعون رسمًا يُقَدَّر بحوالي 360 جنيهًا إسترلينيًّا (540 دولارًا أمريكيًّا) يغطي تكاليف الإقامة. وبعد أسبوع ونصف تقريبًا من العمل في الورشة، يتم تشكيل فرق صغيرة، يعمل كل فريق منها مع مرشدين من شركات محلية على بناء أدوات عملية، باستخدام البيانات الخاصة بالشركات.

وقد عاد معظم المشاركين في الورشة العام الماضي إلى مختبراتهم، بعد الانتهاء من البرنامج الافتتاحي في سبتمبر الماضي، ولكن 75% يشغلون حاليًّا وظائف في علوم البيانات في القطاع الصناعي، وفقًا لما يذكره المؤسس المشارك كيم نيلسون، الحاصل على درجة الدكتوراة في الفيزياء الفَلَكية.

هناك خيار آخر.. يتمثل في دورة حاضنة البيانات المجانية، التي تبلغ مدتها 7 أسابيع، ويتم تنظيمها في نيويورك وواشنطن دي سي، ومن المقرر افتتاحها أيضًا في سان فرنسيسكو في صيف هذا العام 2015. وأخيرًا، فإن برنامج أكاديمية علوم البيانات في نيويورك ـ الذي يستغرق 12 أسبوعًا، والذي انطلق هذا العام ـ تبلغ تكلفته 16 ألف دولار أمريكي، بما فيها الأعمال الدراسية على الأدوات، مثل آر، وهادوب، وبايثون. وجدير بالذكر أن عدد المتقدمين لجميع تلك البرامج يفوق عدد الأماكن المتاحة بها. **مونيا بيكر**

Y Combinator، التي تقع في ماونتن فيو بولاية كاليفورنيا، تمكَّن الرجل من تدشين شركته الخاصة، تحت اسم «نُوتْلِيف» Noteleaf.

كان كلامكا يعلم مدى اهتمام الكثير من أصدقائه في مجتمع الفيزياء بالانتقال إلى مجال علوم البيانات الصناعية، لكنهم كانوا يناضلون لاقتحام تلك الصناعة، تمامًا كما فعل هو من قبل. وفي الوقت ذاته، فإن أصدقاءه في المجتمع التقني كانوا يضجون بالشكوى من أن لديهم وظائف شاغرة، ولكنهم لا يجدون أشخاصًا أذكياء ومؤهلين بما يكفي لشَغْل تلك الوظائف. لذا.. أنشأ كلامكا برنامج «إنسايت» لعلوم البيانات؛ لتزويد حاملي الدكتوراة بما يحتاجونه من تدريب؛ للحصول على وظيفة في مجال علوم البيانات الصناعية. وحتى وقتنا هذا.. فإن جميع الأشخاص الذين أتمُّوا البرنامج التدريبي ـ الذي استغرق سبعة أسابيع ـ قد تلقَّوا عروض عمل (انظر: «تَعَلَّمْ أين تضع قدميك»).

الوصف الوظيفي

تختلف الوظائف المتاحة لعلماء البيانات اختلافًا كبيرًا.. فهناك وظائف تتطلب في الأساس أداء مهمة مملّة ورتيبة، تُعرف باسم «تحويل البيانات»، وتنظيف البيانات، وملء الفجوات؛ لكي تصبح مجموعات البيانات مناسبة للتحليل البسيط نسبيًّا. كما يعمل بعض علماء البيانات في وظيفة مستشارين في مجال تطبيقات البيانات، ويبرع آخرون في وضع نماذج ومنهجيات جديدة. وتتجه الشركات الكبرى، مثل «لِينْكِد إن»، و«جوجل»، و«فيسبوك» ـ بما تملكه من قواعد مستخدمين، ومجموعات بيانات ضخمة ـ إلى دعم عمليات نمذجة البيانات الأكثر تقدمًا وتعقيدًا.

وكما يقول جلين وونج، الحاصل على الدكتوراة في الفيزياء، والذي يعمل حاليًّا نائبًا للرئيس في شركة «ريكورديد فيوتشر» Recorded Future بمدينة سومرفيل بولاية ماساتشوستس، التي تقوم بتنظيم بيانات الويب؛ لمساعدة العملاء على تجنب الهجمات السِّبِيريّة، فإنه ينبغي على الأشخاص الراغبين في أن يصبحوا علماء بيانات أنْ يفكروا بشكل واسع بشأن اهتماماتهم، والأماكن التي يمكنهم فيها عمل ما يثير اهتمامهم. ويوضح وونج: «لا أقصد كيف (تتفاعل هذه القصاصة من الحمض النووي مع تلك القصاصة الأخرى)، لكنني (أفضِّل حل المشكلات ذات الطبيعة المعقدة، ثنائية الأبعاد)، أو (أحِب أن أكون محاطًا بأشخاص لديهم أفكار شديدة الغرابة، ولا يكترثون بمسألة التدرج الوظيفي)».

وقد حصلت إيمي هاينايك على إجازة غياب من برنامج الدكتوراة الخاص بها في العلوم الاجتماعية الحاسوبية، وذلك للالتحاق بوظيفة في شركة مبتدئة في مجال التكنولوجيا، يقع مقرّها في سان فرانسيسكو بولاية كاليفورنيا. وتعمل تلك الشركة على تقديم الاستشارات، وتقييم روّاد الأعمال الجدد، الذين ما زالوا يضعون أقدامهم على بداية الطريق. وتقول هاينايك عن عملها في الشركة: «السبب الذي جعلني أقوم بإجراء رسالة الدكتوراة هو اهتمامي بحل المشكلات المثيرة، ولكننا هنا في هذا العمل نقوم بذلك بالفعل». وبعد مرور عدة سنوات على خروجها من الحياة الأكاديمية، وفي ظل الوظائف الكثيرة المعروضة عليها حاليًّا في كثير من الشركات المبتدئة الأخرى، فإن هاينايك تعتقد أن لديها فرصًا أفضل لابتكار الأفكار وتنفيذها في القطاع الصناعي، لأن الشركات بالفعل تتواصل مع الأشخاص الذين يستخدمون المنتجات.

من المؤكَّد أن حملة الدكتوراة يشعرون بالارتياح، لابتعادهم عن المطالب المتكررة بتحرّي أكبر قَدْر من الدقة لصالح الأهداف التجارية. فبمجرد أن يبدأ نموذج البيانات في العمل، فإن الأكاديميين ربما يركِّزون على إجراء تعديلات متقدمة؛ لتحسين مدى الدقة، وتبرير حالات النشوز. تقول هاينايك: «في المجال الصناعي يمكنك أن تقول ‹كيف يمكنني أن أقوم بذلك داخل البرمجيات؟ كيف أتأكد من أن البرنامج لن يتوقف، أو يتعطل؟› لا بد أن تمضي في طريقك حتى النهاية؛ من أجل تحقيق ما يريده المستخدمون بالفعل. أمّا في الحياة الأكاديمية، فلا يتاح لك الوقت للقيام بذلك».

يعبِّر بعض مديري التوظيف عن قلقهم من أن الرغبة في صياغة نماذج متزايدة الدقة يمكنها أن تقود الأكاديميين إلى الوقوع في مشكلة ضَعْف الإنتاجية. ويتذكر جون بيكر ـ الذي أسَّس مكتبًا استشاريًّا لخدمات علوم البيانات، أسماه «داتاكين» Datakin، في بوسطن بولاية ماساتشوستس ـ أحد العلماء المتخصصين في الفيزياء الفَلَكية، الذي كان زملاؤه يُطْلِقون عليه اسم «المادة المظلمة»، لأن حماسه لإتقان نماذج البيانات كان لا يجعله يكمل مشروعاته مطلقًا.

«يشعر حملة الدكتوراة بالارتياح لابتعادهم عن المطالب المتكررة بتحرّي أكبر قَدْر من الدقة لصالح الأهداف التجارية »

يقول ديفيد فريمان ـ رئيس قسم علوم البيانات الأمنية في شركة «لِينْكِد إنْ للشبكات» في ماونتن فيو ـ إنه بالإمكان التخلص من تلك النوعية من الأشخاص أثناء إجراء المقابلات الشخصية. وعندما يطلب من المرشحين الأكثر تأهيلًا لوظيفة ما وصف إنجازاتهم، فإنهم يركِّزون على الأكواد التي قاموا بتنفيذها، أكثر من تركيزهم على الأوراق البحثية التي نشروها. كذلك، فإن ملفات الإنجاز التي يتم تطويرها بشكل مستقل، أو من خلال برامج التدريب ـ كما يقول بيكر ـ تُعَدّ مؤشرًا طيبًا آخر على ملاءمة الشخص للعمل في القطاع الصناعي: «يمكنك أن تميِّز الشخص الأكاديمي، وكذلك الشخص صاحب الإمكانيات والقدرات الحقيقية من خلال مشروعاتهما».

وقد تمت ملاحظة ويل كوكيرسكي بهذه الطريقة، فقد حصل على درجة الدكتوراة من جامعة روتجرز في نيو برونزويك بنيو جيرسي، حيث كان يقوم بتعليم أجهزة الكمبيوتر كيف تتعرف على الأمراض الدالة على الأنسجة السرطانية. وفي الفترة المسائية، كان يعمل على حل أحد التحديات المطروحة من شركة «نِتْفِلِيكْس»، مزوِّد الوسائط المتدفقة عبر الإنترنت، الذي كان يتمثل في جائزة مقدارها مليون دولار أمريكي، تُمنح لأي شخص يستطيع تحسين الخوارزميّات المتعلقة بترشيحات الأفلام التي تعرضها الشركة. لم يَفُز كوكيرسكي بالجائزة، ولكنه التقط خيوط الفكرة، وبدأ يقضي وقت فراغه في المشاركة في مسابقات شبيهة، تنظمها شركة «كاجل لعلوم البيانات»، التي يقع مقرها في سان فرنسيسكو. وفي عام 2012، اتصل به مديرو الشركة، فقد لاحظوا عدد الإجابات التي كان يرسلها، وجال بخاطرهم أنه يمكن أن يحصل على مكان في فريقهم. وقد بدأ عمله هناك في وظيفة «عالِم بيانات»، بعد أسبوع من مناقشته لرسالة الدكتوراة.

يرى كثير من حملة الدكتوراة أن مفتاح النجاح يتمثل في العثور على شركةٍ، تبهرهم المنتجات أو الخدمات التي تقدمها، حسب ما يقوله سباستيان جوتيريز، مؤلف كتاب «علماء البيانات في العمل»، الذي يضيف: «تحتاج إلى شخص يجد متعة في العمل بما يكفي لأنْ يدرك فعلًا أنه مطلوب منه الالتزام بالميزانيات والأهداف ربع السنوية».

بدأت تظهر في المجال الأكاديمي وظائف لعلماء البيانات (انظر: «مسيرة البيانات الأكاديمية»)، لكن الكثيرين يرون بيئة العمل في القطاع الصناعي أكثر جاذبية. ويقول عن ذلك.. شاني أوفن، الذي كان في السابق أستاذًا للبحوث في عِلْم الأعصاب بجامعة نيويورك، ويعمل حاليًّا عالِم بيانات في موقع الإجابة عن الأسئلة (About.com)، الذي يقع مقره في نيويورك: «في الصناعة يمكنني استخدام 20% من وقتي؛ لتحقيق 80% من الهدف، بينما في الحياة الأكاديمية نجد أن العكس هو الصحيح». ويحب تومي جاي ـ عالِم البيانات في عملاق التكنولوجيا «مايكروسوفت» في بلفيو بواشنطن ـ أن تتم مكافأته على التوصل إلى الإجابة الصحيحة، بغضّ النظر عن ماهية تلك الإجابة. وعلى سبيل المثال.. يمكنه استخدام تحليل البيانات؛ لاستنتاج أن هناك سمة جديدة مقترَحة، لن تحظى بالشهرة والانتشار لدى المستخدمين، ويقدِّم الحجج المطلوبة لإلغائها، مما يوفر على الشركة مبالغ طائلة، ويجني هو التقدير والمكافأة. أمّا في الحياة الأكاديمية، فبالعكس.. نادرًا ما يُكافأ المرء على توصُّله إلى نتائج سلبية.

يعبِّر فريمان عن إعجابه بإيقاع العمل في «لِينْكِد إن»، ويتذكر القيام ببحوث متقدمة في إطار عمله في مرحلة ما بعد الدكتوراة في جامعة ستانفورد بكاليفورنيا، ويقول: «إنّ الموضوع الذي كنتُ أعمل فيه لا يمكن أن يُستخدَم فعليًّا لمدة 20 عامًا من الآن، هذا إنْ حدث. لقد كنتُ أبحث عن شيء يكون له تأثير مباشر بدرجة أكبر». ولا يوجد ما يجعل الذهنَ أكثر تركيزًا من تحديد مواعيد نهائية ثابتة. ■

مونيا بيكر كاتبة ومحررة في قسم (المِهَن العلمية) بدورية *Nature*.

مسيرة البيانات الأكاديمية

الجامعات تنشئ مراكز لعلوم البيانات

تشهد العلوم الأكاديمية ـ وليس فقط القطاع الصناعي ـ احتياجًا متزايدًا إلى علماء البيانات. وقد تم تدشين مشروع في العام الماضي بتكلفة 58 مليون دولار أمريكي؛ بهدف سد هذه الفجوة، من خلال إنشاء مراكز لعلوم البيانات في جامعة واشنطن في سياتل، وجامعة كاليفورنيا في بيركلي، وجامعة نيويورك. وتقوم الجامعات ـ إضافة إلى مؤسسة «جوردون وبيتي مور» في بالو ألتو بكاليفورنيا، ومؤسسة «ألفريد بي. سلون» في نيويورك بالمشاركة في تمويل تلك المراكز. وسوف تُخصص مِنَح من مؤسسة «مور» للباحثين؛ من أجل تطوير أدوات لاستخدام البيانات، وصَقْلها.

يُعَدّ كارثيك رام ـ الباحث المساعد بمعهد بيركلي لعلوم البيانات المُنشأ حديثًا، والتابع لجامعة كاليفورنيا في بيركلي ـ من أوائل المستفيدين، حيث يَعتمِد تقدمه الوظيفي على إسهاماته التي تتمثل في الأكواد مفتوحة المصدر، وجهوده لجعل البيانات أكثر قابلية للنسخ بدرجة أكبر من اعتماده على المعايير التقليدية للوظائف الثابتة، مثل سجلات النشر، والاستشهاد. ويصف كريس مينتزل ـ مدير برنامج «مؤسسة مور» ـ رام وزملاءه بأنهم روّاد في مجالٍ يحصل على قوة دفع كبيرة في الوقت الراهن. ويقول: «نحاول أن ننشئ أماكن لهذه النوعيات من الباحثين». **مونيا بيكر**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

خُبْز الحياة

حقائق عن الوطن

بيث كاتو

كان أمرًا في غاية الخطورة ـ بل ويندرج تحت وصْف الخيانة أيضًا ـ أن يتكلم الناس عن ذكرياتهم المتعلقة بالأرض بصوت عالٍ.. فإنْ فعلوا...؛ فهُم بذلك يخاطرون بإعطاء «الدندول» كل ما يريدون. ورغم ذلك.. لم يقوَ الناس عادةً على طرد فكرة ذلك الخطر من أذهانهم، كلما دلفوا إلى مخبز «سونيا» الأرضي.

تطلَّعت سونيا إلى أعلى، بينما دلف رجل مخبزها. كان إنسانًا عاديًّا، في الأربعين من عمره، أو الخمسين، لم يختلف شعره ـ الذي علاه الشيب ـ عن شعرها. كان كلاهما كبيرًا بالقدر الذي يسمح له بأن يتذكر الأرض أيام أمجادها. تمهل عند الباب، واستنشق بعمق، فَلَاحَ الحزن على محيّاه.

همَس قائلًا: «يا إلهي!».

قالت: «لا بد أنك فرانكلين صاحب طلبية خُبْز (الجوادار). رست سفينتك في أوانها».

تفرقت البشرية عبر عشرات الأنظمة، لكن سونيا لم تكن بحاجة إلى الإعلان عن أدواتها. انتشر الخبر بين الطاقم البشري على متن سفن الشحن والمكُوكات الفضائية التي كانت تقطع محطة كاجي. وأغلبهم كان يطلب طلبية مسبقة؛ لكي يحصلوا على مرادهم، لكنها دائمًا ما كانت تعرض أغراضها المفضلة في نافذة العرض. ولم يكن الخبز يذهب هباءً قط.

لم يُخْفِ القناع النحيل المحيط بعيني فرانكلين نظرته الذاهلة. «يا لهذا المكان! كيف تحصلين حتى على المكونات؟». كان جسده نحيلًا، شأنه شأن روّاد الفضاء الذين يعتمدون على عبوات محددة السعرات الحرارية أثناء ترحالهم.

«إنها أشياء مكلفة.. ولا أربح منها الكثير». هكذا كانت الحقيقة. «أجلب قمحي وغيره من الأشياء كلها من تجار شرعيين متخصصين في الأطعمة البشرية الشهية. ولقد أخبرتك بهذه المعلومة عندما تقدمت بالطلبية».

أخرجت سونيا حزمة مغلفة في ورق أبيض خفيف، كان الغلاف مطويًّا بعناية، كمن يدثّر طفلًا حديث الولادة.

«لقد قرأتها. لعلّها أروع مِن أنْ يصدِّقها العقل». حدّق في البضاعة المحفوظة تحت قبة النضد. «هل لديك خمائر على هيئة شرائح؟ وخبز الضفيرة اليهودية؟» اتكأ على الزجاج، وكأنه أمسى فجأةً عديم عظام البدن. حدّقت فيه سونيا بتَرَقُّب.

«جدتي كانت تخبز لنا خبز الضفيرة اليهودية في الأعياد»، قالها هامسًا بنبرة خفيضة جدًّا. «هذا الخبز الدائري المُضَفَّر... وكانت تصِرّ على خبزه بيديها، لأن مذاقه بهذه الطريقة هو الأفضل على الإطلاق. يا للرائحة عندما يخرج هذا الخبز من الفرن». استنشق بقوة، حتى إن أنفاسه أحدثت خشخشة مكبوتة. «إنها الرائحة نفسها هنا. كنتُ قد نسيت. كان هذا منذ زمن بعيد...».

دمَّر «الدندول» الأرضَ.

بالنسبة لهم، يشع البشر مشاعر قوية بطريقة مخالفة لغيرهم من الأنواع الحية. وتنضح الذكريات المنطوقة تحديدًا مذاقات عميقة، اعتاد «الدندول» امتصاصها؛ بغية الارتقاء إلى حالة من السُّكْر الهائج. عندما أشعلوا النار في الأرض، لم تكن نِيَّتهم نحر غالبية البشر. لا، فقد كانوا يحرصون على إنضاج الذكريات، حتى أوان حصادها.

قالت سونيا: «كان لَدَى كل ثقافة على الأرض تقريبًا نوعها الخاص من الخبز. وأنا أصنع كل هذه الأنواع. وقصتك ليست بغريبة عليّ. فظني أن كل إنسان تقريبًا كانت جدته تخبز له. لديّ زبائن يأتونني بغية الحصول على شرائح الخبز التجارية القديمة تلك».

قهقه بصوت عالٍ. «إن الخبز هو قِوام صندوق غداء كل طفل، إلى جانب زبدة الفول السوداني، والجيلي، مع السجق الإيطالي البشع. حتى هذا السجق يبدو رائعًا في أيامنا هذه. هل خبز الضفيرة اليهودية هنا؟ بكم تبيعين هذا الخبز؟». أجابت صامتة برسالة من عينيها. لقد كان ردّ الفعل غير الصوتي عادةً من عادات سونيا؛ فالكاجي يعتبرون ذِكْر المال شيئًا فظًّا. «سآخذ بقية قطعة الخبز هذه. ثمة امرأة ضمن طاقمي.. سيمثِّل لها هذا الخبز كنزًا عظيمًا».



غلَّفته سونيا، وقالت: «أشكرك على إرسال دفعتك بسرعة».

هَزّ رأسه استجابةً لها، بينما ناولته الخبز المغلَّف. «حسنًا، لِمَ تشغلين نفسك بالخبيز؟ ألا يجنّ جنونك حين تسترجعين الذكريات، وتذكرين ما خسرناه كل يوم؟».

«ربما فقدتُ صوابي، لو لم أفعل!».

تراجَع.. وتعلّقت عيناه بشيء بعيد، ولم ينبس ببنت شفة وهو راحل.

تطلَّعت سونيا إلى أعلى.. إلى المِجَسَّات الخفية التي سجلت حوارهما على مستويات أعمق بكثير من الصوت المحض. قد يسمع الإنسان الذي يتمتع بإحساس مرهف مَرافِق الموسيقى، ويرى الألوان؛ ولكن بالنسبة إلى «الدندول»... تستدعي قصة فرانك الموجزة المشبوبة بالعاطفة نشوةً عارمة.

جرَّبَ «الدندول» فكرة تعذيب البشر؛ لاستخراج الذكريات منهم، لكنّ الألم البدني شَوَّه النتائج؛ وجعلها مريرة. كما بدَّل الكحول أيضًا من مذاق الذكريات بشكل كريه، فقد كان يتعيّن استدعاء الكلمات بطريقة طبيعية وسَوِيَّة.

وثبت أن كثيرًا من الأطعمة الأرضية فخّ رائع، لكن لم يُضَاهِ أيّ طعام الخبزَ قوةً وشمولًا.

مدَّت سونيا يدها داخل المجمِّد السريع؛ التماسًا لقطعة من خبز الضفيرة اليهودية، ولتجهز طلبياتها لليوم التالي. خبز برتغالي حلو، خبز يوناني، خبز التشاباتا الإيطالي، واستنشقت الرائحة العطرة الخميرية.

كان فخ الذاكرة هذا لسَدّ احتياجاتها الخاصة أيضًا، كي تستقطب القليل من البشر الذين يَفِدون على هذه المحطة النائية، ولسماع تاريخهم الذي يهمسون به، وكأنه مؤامرة. كانت تستغرق في التجربة، وتستبقيها، وكأنها ما برحت تدير حسابات مخبز والدها في دينفر، وكأنها لم تكن تعيش على متن قضيب دوَّار في الفضاء السحيق، وكأنها لم تكن نقطة ضمن شتات من ملايين الأرواح البشرية المتبقية.

رنّ جرس الباب، ودلفت امرأة شيباء الشعر. «أحقًّا يوجد مخبز على متن تلك المحطة؟! يا للرائحة المنبعثة من هنا. إنها تذكرني ...».

سكتت عن الكلام، وتسلل الألم إلى مُحَيَّاها.

لم تنبس سونيا ببنت شفة. انتظرت.. وتدفقت القصص والحكايات. ■

بيث كاتو تعيش في ولاية أريزونا. وهي مؤلفة سلسلة الخيال العلمي التأملي *Clockwork Dagger*، الصادرة عن دار نشر «هاربر فوياجير». موقعها الإلكتروني: BethCato.com

NATURE.COM
تابع المستقبليات:
@NatureFutures
go.nature.com/mtoodm

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



حيث
تنمو
المعرفة